

JP2003198442

PUB DATE: 2003-07-11

APPLICANT: HITACHI LTD|HITACHI CABLE LTD

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

WO2004036789

PUB DATE: 2004-04-29

APPLICANT: WIDEFI INC [US]; GAINEY KENNETH M [US]; PROCTOR JAMES A JR [US]

# **RADIO TRANSMISSION SYSTEM FOR PERFORMING MULTI-SPOT RELAY AND RADIO EQUIPMENT TO BE USED THEREFOR**

**Publication number:** JP2003198442 (A)

**Publication date:** 2003-07-11

**Inventor(s):** TAMAKI TAKESHI; SAKAI KATSUMI; YANO TAKASHI +

**Applicant(s):** HITACHI LTD; HITACHI CABLE +

**Classification:**


- **international:** *H04B7/15; H04B7/155; H04B7/24; H04B7/06;* (IPC1-7): H04B7/15; H04B7/24


- **European:** H04B7/155B


**Application number:** JP20010399800 20011228


**Priority number(s):** JP20010399800 20011228


**Also published as:**

 JP4052835 (B2)

 US2003124976 (A1)

 US7139527 (B2)

 CN1428943 (A)

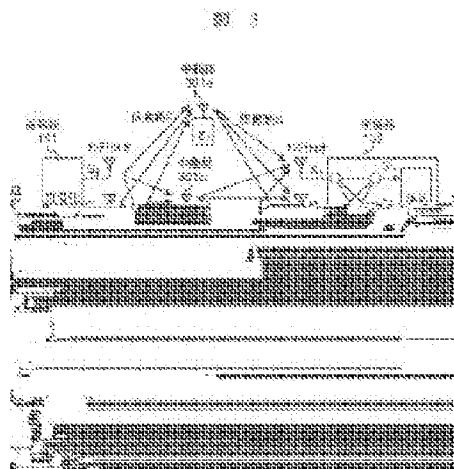
 CN100488077 (C)

**Abstract of JP 2003198442 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a communication system and a radio communication device therefor in which communication path capacity characteristics are improved even in an unobstructed propagation environment where a transmitter and a receiver can directly view each other in a MIMO communication system. ;

**SOLUTION:** The system is configured by having radio equipment 101 having a transmitter for distributing transmission data containing encoded data and training signals to a plurality of antennas and for transmitting the data from the plurality of antennas in a prescribed timing as radio signals, a plurality of pieces of radio equipment having repeaters 301a-301c for receiving the radio signals, storing them in buffers and transmitting the radio signals after delaying them for a prescribed time, and radio equipment 102 having a receiver for receiving the radio signals from the pieces of second radio equipment 301a-301c via a plurality of antennas and demodulating the coded data by using the training signals multiplexed on the received radio signals. Each of the pieces of radio equipment transmits a control signal for deciding the necessity of relay and controlling the operation of the relay. ;

**COPYRIGHT:** (C)2003,JPO



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19) World Intellectual Property  
Organization  
International Bureau



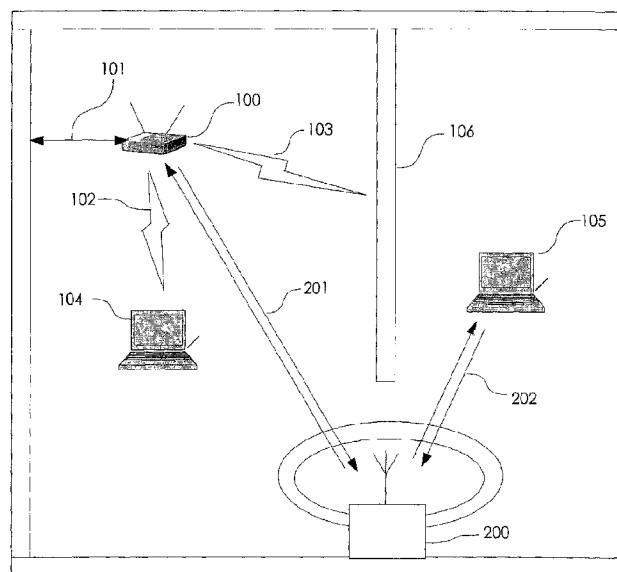
(43) International Publication Date  
29 April 2004 (29.04.2004)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 2004/036789 A1**

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **H04B 7/15** (74) Agent: **POSZ, David, G.**; Posz & Bethards, P.L.C., 11250 Roger Bacon Drive, Suite 10, Reston, VA 20190 (US).
- (21) International Application Number: PCT/US2003/029130 (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) International Filing Date: 15 October 2003 (15.10.2003)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 60/418,288 15 October 2002 (15.10.2002) US (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) Applicant (*for all designated States except US*): **WIDEFI, INC.** [US/US]; 476 Hwy A1A, Suite 3, Satellite Beach, FL 32937 (US).
- (72) Inventors; and
- (75) Inventors/Applicants (*for US only*): **GAINNEY, Kenneth, M.** [US/US]; Widefi, Inc., 476 Hwy A1A, Suite 3, Satellite Beach, FL 32937 (US). **PROCTOR, James, A., Jr.** [US/US]; Widefi, Inc., 476 Hwy A1A, Suite 3, Satellite Beach, FL 32937 (US).
- Published:**  
— with international search report
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

(54) Title: WIRELESS LOCAL AREA NETWORK REPEATER WITH AUTOMATIC GAIN CONTROL FOR EXTENDING NETWORK COVERAGE



(57) Abstract: A frequency translating repeater (200) for use in a time division duplex radio protocol communications system includes an automatic gain control feature. Specifically, a received signal (330) is split to provide signal detection paths (331, 332) wherein detection is performed by amplifiers (301, 302) filters (311, 312), converters (313, 314) and a processor (315). Delay is added using analog circuits such as SAW filters (307, 308, 309, 310) and gain adjustment provided by gain control elements (303, 304, 305, 306).

WIRELESS LOCAL AREA NETWORK REPEATER WITH AUTOMATIC GAIN  
CONTROL FOR EXTENDING NETWORK COVERAGE

CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[0001] This application is related to and claims priority from pending U.S. Provisional Application Number 60/418,288 filed October 15, 2002, and is further related to PCT Application PCT/US03/16208 entitled WIRELESS LOCAL AREA NETWORK REPEATER, the contents of which are incorporated herein by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0002] The present invention relates generally to wireless local area networks (WLANs) and, particularly, the present invention relates to extending the coverage area associated with a WLAN repeater using Automatic Gain Control (AGC).

[0003] Several standard protocols for wireless local area networks, commonly referred to as WLANs, are becoming popular. These include protocols such as 802.11 (as set forth in the 802.11 wireless standards), home RF, and Bluetooth. The standard wireless protocol with the most commercial success to date is the 802.11b protocol although next generation protocols, such as 802.11g, are also gaining popularity.

[0004] While the specifications of products utilizing the above standard wireless protocols commonly indicate data rates on the order of, for example, 11 MBPS and ranges on the order of, for example, 100 meters, these performance levels are rarely, if ever, realized. Performance shortcomings between actual and specified performance levels have many causes including attenuation of the radiation paths of RF signals,

which for 802.11b are in the range of 2.4 GHz in an operating environment such as an indoor environment. Access point to client ranges are generally less than the coverage range required in a typical home, and may be as little as 10 to 15 meters. Further, in structures having split floor plans, such as ranch style or two story homes, or those constructed of materials capable of attenuating RF signals, areas in which wireless coverage is needed may be physically separated by distances outside of the range of, for example, an 802.11 protocol based system. Attenuation problems may be exacerbated in the presence of interference in the operating band, such as interference from other 2.4GHz devices or wideband interference with in-band energy. Still further, data rates of devices operating using the above standard wireless protocols are dependent on signal strength. As distances in the area of coverage increase, wireless system performance typically decreases. Lastly, the structure of the protocols themselves may affect the operational range.

[0005] Repeaters are commonly used in the mobile wireless industry to increase the range of wireless systems. However, problems and complications arise in that system receivers and transmitters may operate at the same frequency in a WLAN utilizing, for example, 802.11 WLAN or 802.16 WMAN wireless protocols. In such systems, when multiple transmitters operate simultaneously, as would be the case in repeater operation, difficulties arise. Typical WLAN protocols provide no defined receive and transmit periods and, thus, because random packets from each wireless network node are spontaneously generated and transmitted and are not temporally predictable, packet collisions may occur. Some remedies exist to address such difficulties, such as, for example, collision avoidance and random back-off protocols, which are used to avoid two or more nodes transmitting packets at the same time. Under 802.11

standard protocol, for example, a distributed coordination function (DCF) may be used for collision avoidance.

[0006] Such operation is significantly different than the operation of many other cellular repeater systems, such as those systems based on IS-136, IS-95 or IS-2000 standards, where the receive and transmit bands are separated by a deplexing frequency offset. Frequency division duplexing (FDD) operation simplifies repeater operation since conflicts associated with repeater operation, such as those arising in situations where the receiver and transmitter channels are on the same frequency for both the uplink and the downlink, are not present.

[0007] Other cellular mobile systems separate receive and transmit channels by time rather than by frequency and further utilize scheduled times for specific uplink/downlink transmissions. Such operation is commonly referred to as time division duplexing (TDD). Repeaters for these systems are more easily built, as the transmission and reception times are well known and are broadcast by a base station. Receivers and transmitters for these systems may be isolated by any number of means including physical separation, antenna patterns, or polarization isolation. Even for these systems, the cost and complexity of a repeater may be greatly reduced by not offering the known timing information that is broadcast, thus allowing for economically feasible repeaters.

[0008] Thus, WLAN repeaters operating on the same frequencies have unique constraints due to the above spontaneous transmission capabilities and therefore require a unique solution. Since these repeaters use the same frequency for receive

and transmit channels, some form of isolation must exist between the receive and transmit channels of the repeater. While some related systems such as, for example, CDMA systems used in wireless telephony, achieve channel isolation using sophisticated techniques such as directional antennas, physical separation of the receive and transmit antennas, or the like, such techniques are not practical for WLAN repeaters in many operating environments such as in the home where complicated hardware or lengthy cabling is not desirable or may be too costly.

[0009] One system, described in International Application No. PCT/US03/16208 and commonly owned by the assignee of the present application, resolves many of the above identified problems by providing a repeater which isolates receive and transmit channels using a frequency detection and translation method. The WLAN repeater described therein allows two WLAN units to communicate by translating packets associated with one device at a first frequency channel to a second frequency channel used by a second device. The direction associated with the translation or conversion, such as from the frequency associated with the first channel to the frequency associated with the second channel, or from the second channel to the first channel, depends upon a real time configuration of the repeater and the WLAN environment. The WLAN repeater may be configured to monitor both channels for transmissions and, when a transmission is detected, translate the received signal at the first frequency to the other channel, where it is transmitted at the second frequency.

[0010] The above described approach solves both the isolation issue and the spontaneous transmission problems as described above by monitoring and translating in response to packet transmissions and may further be implemented in a small

inexpensive unit. However, a WLAN repeater, in order to be legally compliant, must transmit within the power and spectrum limitations promulgated by, for example, the FCC. Difficulties arise however in that a received signal may have a widely varying power level requiring precise compensation for factors contributing to disruptions and failed or suboptimal signal retransmission caused by interference and the like.



## SUMMARY OF THE INVENTION

[0011] Accordingly, in various exemplary and alternative exemplary embodiments, the present invention extends the coverage area in a wireless environment such as a WLAN environment, and, broadly speaking, in any time division duplex system including IEEE 802.16, IEEE 802.20 and TDS-CDMA, with a unique frequency detection and translation method. An exemplary WLAN frequency translating repeater allows two WLAN nodes or units to communicate by translating packets from a first frequency channel used by one device to a second frequency channel used by a second device. The direction of the conversion from channel 1 to channel 2, verses from channel 2 to Channel 1, is dependent upon real time configuration. The repeater may preferably monitor both channels for transmissions, and when a transmission on a channel is detected, the repeater is configured to translate the received signal to the other channel, where it is transmitted.

[0012] In a preferred embodiment, the signal received is detected on a first signal path and gain is applied on a second signal path. Further, the gain signal path preferably includes delay circuits to permit signal detection and gain setting to occur before the signal must be retransmitted. The gain is set based upon the detected receive power level to achieve a target transmit power level that is constant independent of the receive power level. However, the target power may be first determined or adjusted based upon criteria that includes one or more of the following: separation between receive and transmit frequencies, regulatory rule compliance, temperature, received power level, transmit power level and detected interference. A microprocessor with software, including calibration tables, is appropriate for performing the calculation of an appropriate gain set point, which fixes the target

output power. The details of this invention are described in detail in the figure descriptions that follow.

[0013] The preferred approach solves both the isolation issue, allowing a small inexpensive unit, and it solves the spontaneous transmission problem as it monitors and responds in reaction to the transmissions, with a constant output power at the transmitter. This output power may be different depending on the configuration of the repeater as determined by the microprocessor.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0014] FIG. 1 is a diagram illustrating a WLAN including an exemplary repeater having automatic gain control in accordance with various exemplary embodiments.

[0015] FIG. 2 is a schematic drawing illustrating an exemplary gain control interface unit of Figure 1.

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0016] Referring now to FIG. 1, a wide area connection 101, which could be, for example, an Ethernet connection, a T1 line, a wideband wireless connection or any other electrical connection providing a data communications path, may be connected to a wireless gateway, or access point (AP) 100. The wireless gateway 100 sends RF signals, such as IEEE 802.11 packets or signals based upon Bluetooth, Hyperlan, or other wireless communication protocols, to client units 104, 105, which may be personal computers, personal digital assistants, or any other devices capable of communicating with other like devices through one of the above mentioned wireless protocols. Respective propagation, or RF, paths to each of the client units 104, 105 are shown as 102, 103.

[0017] While the signal carried over RF path 102 is of sufficient strength to maintain high-speed data packet communications between the client unit 104 and the wireless gateway 100, the signals carried over the RF path 103 and intended for the client unit 105 would be attenuated when passing through a structural barrier such as walls 106 or 107 to a point where few, if any, data packets are received in either direction if not for a wireless repeater 200, the structure and operation of which will now be described.

[0018] To enhance the coverage and/or communication data rate to the client unit 105, wireless repeater 200 receives packets transmitted on a first frequency channel 201 from the wireless gateway 100. The wireless repeater 200, which may be housed in an enclosure typically having dimensions of, for example, 2.5"x3.5"x.5", and which preferably is capable of being plugged into a standard electrical outlet and

operating on 110 V AC power, detects the presence of a packet on the first frequency channel 201, receives the packet and re-transmits the packet with more power on a second frequency channel 202. Unlike conventional WLAN operating protocols, the client unit 105 operates on the second frequency channel, even though the wireless gateway 100 operates on the first frequency channel. To perform the return packet operation, the wireless repeater 200 detects the presence of a transmitted packet on the second frequency channel 202 from the client unit 105, receives the packet on the second frequency channel 202, and re-transmits the packet on the first frequency channel 201. The wireless gateway 100 then receives the packet on the first frequency channel 201. In this way, the wireless repeater 200 is capable of simultaneously receiving and transmitting signals as well as extending the coverage and performance of the wireless gateway 100 to the client unit 105.

[0019] To address the difficulties posed by obstructions as described above and attendant attenuation of the signal strength along obstructed paths and thus to enhance the coverage and/or communication data rate to client unit 105, exemplary wireless repeater 200, as shown in FIG. 1, may be used to retransmit packets beyond a range limited by propagation path constraints through, for example, frequency translation. Packets transmitted on a first frequency channel 201 from AP 100 are received at repeater 200 and re-transmitted, preferably with a greater power level, on a second frequency channel 202. Client unit 105 preferably operates on second frequency channel 202 as if AP 100 were also operating on it, such as with no knowledge that AP 100 is really operating on first frequency channel 201 such that the frequency translation is transparent. To perform return packet operations, repeater unit 200 detects the presence of a transmitted return packet on second frequency channel 202

from client unit 105, and is preferably configured to receive the packet on second frequency channel 202, and to retransmit the data packet to, for example AP 100, on first frequency channel 201.

[0020] Wireless repeater 200 is preferably capable of receiving two different frequencies simultaneously, such as first frequency channel 201 and second frequency channel 202 determining which channel is carrying a signal associated with, for example, the transmission of a packet, translating from the original frequency channel to an alternative frequency channel and retransmitting the frequency translated version of the received signal on the alternative channel. Details of internal repeater operation may be found in co-pending PCT Application No. PCT/US03/16208.

[0021] Repeater 200 may thus receive and transmit packets at the same time on different frequency channels thereby extending the coverage and performance of the connection between AP 100 and client unit 105, and between peer-to-peer connections such as from one client unit to another client unit. When many units are isolated from one another, repeater unit 200 further acts as a wireless bridge allowing two different groups of units to communicate where optimum RF propagation and coverage or, in many cases, any RF propagation and coverage was not previously possible.

[0022] In accordance with various exemplary embodiments, repeater 200 is preferably configured to receive a signal and translate the frequency of the received signal with very little distortion or loss of the signal by properly controlling the gain of an exemplary transceiver section via Automatic Gain Control (AGC) circuitry 300

shown, for example, in FIG. 2. In a preferred embodiment, wireless repeater 200 shown is capable of receiving two different frequencies simultaneously, determining which one is present, translating the frequency of the one that is present to the other frequency and retransmitting a frequency translated version of the received signal.

[0023] In accordance with one preferred exemplary embodiment, AGC circuitry 300 utilizes RF delay and filter elements 307-310 to allow analog storage of an exemplary received waveform while signal detection and transmitter configuration takes place. It should be noted that signal detection may occur both prior to and during transit of signals in RF delay elements 307-310 providing time to perform system configuration. It should be noted that a detector power level is preferably used to set a gain value on a parallel signal path as part of the gain control operation.

[0024] Repeater AGC circuitry 300 further includes logarithmic amplifier 301 and 302, AGC control circuit 303 and 304, gain control element 305 and 306, which may preferably include variable gain or variable attenuator elements, and RF delay element 307-310 which may preferably include analog storage devices such as, for example, delay lines and/or band pass filters. Low pass filter 311 and 312, and analog to digital converter (ADC) 313 and 314 are further preferably used to accomplish gain control under the direction and control of, for example, microprocessor 315.

[0025] Since repeater 200, in accordance with various exemplary embodiments, is configured to simultaneously detect and process two different frequency signals, received signal 330 is split and propagated on two different RF paths, for example, using RF splitter 316. Likewise, because the two different frequency paths must be

delayed and controlled separately, each signal path is further split by, for example, IF Splitters 317 and 318. One of the split signal outputs from IF Splitter 317 is preferably coupled to logarithmic amplifiers 301 and the other split signal output is preferably coupled to gain control elements 305. Likewise, one of the split signal outputs from IF Splitter 318 is preferably coupled to logarithmic amplifiers 302 and the other split signal output is preferably coupled to gain control elements 306. The output of logarithmic amplifiers 301 is fed to AGC control circuit 303 and low pass filter 311. Likewise, the output of logarithmic amplifiers 302 is fed to AGC control circuit 304 and low pass filter 312. It should be noted that while logarithmic amplifiers 301 and 302 preferably provide an output voltage proportional to the logarithm of the power of received signal 330, tracking the envelope thereof, other devices known to those of ordinary skill in the art may also be used to track the envelope or samples of the envelope directly or proportionately.

[0026] The basic operation of components along the detection path of received signal 330 such as, for example, low pass filters 311 and 312, analog-to-digital converters (ADC) 313 and 314, and processor 315 for example, would be readily apparent to those of ordinary skill in the art and thus a detailed review of the basic operation thereof is omitted, such operation is disclosed in detail in commonly assigned co-pending PCT Patent Application No. PCT/US03/16208. However it should be briefly noted that processor 315 preferably detects the presence of an IF signal on detection paths DET1 331 and DET2 332. As described in the above identified co-pending application, signal detection may be based on the signal level exceeding a threshold using, for example, analog or digital signal comparison implements in processor 315, or could be performed by other means well known to



those of ordinary skill in the art. Once the signal is detected, gain control is applied to the signal using for example, AGC control circuits 303 and 304 on IF path IF1 333 or IF2 334 respectively, depending on the channel.

[0027] With reference still to FIG. 2 of the drawings, gain control is applied to signals on IF paths IF1 333 and IF2 334 using AGC control circuits 303 and 304 which circuits provide, *inter alia*, filtering of the analog voltage at the output of, for example, logarithmic amplifiers 301 and 302, any DC offset adjustment which may be necessary, AGC set point reference and control, level shifting/scaling, any required polarity reversal, and the like as would be appreciated by one of ordinary skill in the art. The output of AGC control circuits 303 and 304 are fed to gain control elements 305 and 306 which may provide either a adjustable gain or a adjustable attenuation of received signal 330 based on a value associated with, for example, the desired transmitter output power. It should be noted that AGC control circuits 303 and 304 may be one of a variety of gain control circuits, devices, or the like, as would be well known to those of ordinary skill in the art.

[0028] As an example of gain control in accordance with various exemplary embodiments, a variable attenuator could be used for gain control element 305 under the following conditions: desired output power +15dBm, received signal power -80dBm, total transceiver losses 65dB, total transceiver gains 165dB.

[0029] Under these conditions, a variable attenuator associated with, for example, gain control element 305, should be set according to the relation: Rx Signal Power - Desired Output Power + Total Gains - Total Losses, thus the attenuation would be -

80dBm – 15dBm +165dB – 65dB resulting in 5dB of attenuation. It will be appreciated that a voltage may be calculated and applied to the gain control element 305, for example, by AGC control circuit 303 resulting in the desired 5dB attenuation setting. It should also be noted that while AGC control circuit 303 and gain control element 305 are described herein, the above description applies to the operation of AGC control circuit 304 and gain control element 306.

[0030] Thus receive signal 330 in order to be retransmitted in accordance with various exemplary embodiments, and in accordance with the present example, is preferably output from gain control element 305 and delayed via Surface Acoustic Wave (SAW) filters 308 and 310. It will be appreciated that the delay introduced by SAW filters 308 and 310 acts to essentially store the analog waveform while AGC and signal detection processes, for example as described above, are carried out, meaning that detection and gain control setting are preferably completed during the propagation interval of the signal.

[0031] In accordance with various exemplary and preferred exemplary embodiments, RF delays are imposed through SAW filters 307-310 enabling analog signal storage and channel selection, jammer suppression, and a feed-forward variable gain control path. AGC control circuits 303 and 304 and gain control elements 305 and 306 may be biased or otherwise set under control of for example processor 315, which is preferably a micro-processor, such as a general purpose processor, dedicated processor, signal processing processor, or the like as would be understood by one of ordinary skill in the art. Further, set points may be obtained by processor 315 from a look up table or the like depending on which channel received signal 330 is received

on and which channel is selected for signal retransmission. It should be noted that different bands have different transmit power limitations in different countries, thus the selection of gain set points may be driven by several factors resulting from the need to meet FCC requirements and related specifications for the desired band such as spectral re-growth and Effective Isotropic Radiated Power (EIRP).

[0032] After detection and setting of the gain control, IF Switch 319 and LO Switch 320 are preferably set to retransmit received signal 330 at a different frequency without significantly cutting off the waveform preamble. It is important to note that detection and power sensing, for example, as described above, is preferably performed on detector paths DET1 331 and DET2 332, but actual gain control may be applied the on IF paths IF1 333 and IF2 334. More specifically referring again to FIG. 2, outputs from the logarithmic amplifiers 301 and 302 are fed to AGC control circuits 303 and 304 which circuits are making adjustments either as variable gain or attenuation with regard to gain control elements 305 and 306.

[0033] One factor in determining a sequence of signal detection and gain control is the effect caused by splitting the output voltage from logarithmic amplifiers 301 and 302 into a signal detection path and a gain control path, each having potentially two different filter bandwidths. As can be noted from FIG. 2, the gain control path is the path to AGC control circuits 303 and 304, while the signal detection path is the path leading to low pass filters 311 and 312, as previously described. Thus, if desired, the AGC control values and the signal detection filter bandwidth could be set differently. For example, the AGC control loop could be set to react very quickly to the incoming power envelop while signal detection, as carried out, for example, in ADC 313 and

314 and processor 315, could be configured to react more slowly. As a result, received signal 330 propagating in gain control elements 305 and 306 can be tracked very accurately while the portion of received signal 330 propagating in ADC 313 and 314 and processor 315 may track more slowly, but with more detection process gain.

[0034] It should be noted that in accordance with various exemplary and preferred exemplary embodiments, two separate detectors are used for performing detection of the presence of received signal 330 and for detection of the power level thereof in order to set gain. Thus, since signal detection may occur more slowly than AGC as described, different signal detection and AGC filter bandwidths may be used beneficially, allowing variable control elements associated with AGC such as gain control elements 305 and 306 to have a faster or slower response than the output of filters 311 and 312.

[0035] Another factor in controlling gain is the relative distance between the receive and transmit channels. Specifically, depending on the distance therebetween, the target output power or set point from the gain control elements 305 and 306 can be different to the extent that additional performance may be gained when the receive and transmit channels are further apart in frequency. Gain values may be increased in gain control elements 305 and 306 while continuing to meet performance requirements. Further, AGC control circuits 303 and 304 may be programmed to increase power based on the frequency difference or, alternatively, processor 315 may be programmed to control AGC control circuits 303 and 304 based on frequency separation. Adjusting set points based on frequency separation may further include

applying more filtering to any leakage signals picked up by a receiver to avoid self interference.

[0036] A factor affecting the choice of which channels to operate on during initial repeater power up may be influenced by choosing repeating channels based on the ability to transmit more power in different FCC bands or bands controlled by other regulatory bodies. For example, in the U-NII bands for operation in the United States, the maximum allowable transmit power for CH36-48 is 50mW, for CH52-64 is 250mW, and for CH149 – 161 is 1W. Therefore it is possible to receive a signal in on a channel associated with one of the lower power bands and choose a channel on a different band allowing higher transmit power, thereby allowing a higher AGC set point. Thus the set points for a translation, say from F1 to F2 and F2 to F1 would be different. The decision of which channels to select is preferably pre-programmed during manufacturing, or, alternatively could be programmed in the field, in, for example, AGC control circuits 303 and 304 or processor 315.

[0037] In accordance with other aspects of the present invention, gain control may require AGC calibration during initial manufacturing. Calibration may be desirable to allow the use of lower tolerance parts thus reducing cost. Calibration may further provide for accuracy required for regional or band specific power settings. Accordingly, calibration may include setting up circuits and devices in accordance with one or more of the following; regional regulatory rules, frequency channel, received power level, transmit power level, temperature, and the like. In accordance with various exemplary and preferred exemplary embodiments, repeater 200 using, for example, processor 315, may store calibration tables and the like and be

configured, for example through the use of software, programs, instructions or the like, to pass specific calibration values to AGC control circuits 305 and 306. Processor 315 would preferably utilize a digital to analog conversion process to control the set point.

[0038] As mentioned above, different detector outputs may be used for AGC and signal detection. Signal detection may be performed in an analog only configuration using, for example, a threshold comparator under the control of processor 315 which may be configured to actively control, for example, an analog reference voltage a threshold comparator uses to make the detection decision. Alternatively, received signal 330 may be digitized and a detection decision made, for example, in processor 315. One concern related to using a digital path and processor 315 includes delay associated with, for example, digital sampling and decision making instructions in a processor 315.

[0039] In accordance with various alternative exemplary embodiments an analog comparator (not shown) having a threshold controlled by processor 315 may be used. Such a configuration could be equipped with a digital override to allow for a fast initial decision, converging to a slower more accurate and controllable decision using software, programs, instructions, and the like readable and executable by processor 315. For example, if an interferer is detected, and processor 315 recognizes that the packet duration is longer than the wireless protocol will allow, AGC control circuits 303 and 304 and/or detector could be turned off by processor 315 to prevent signal transmission. Thus the normal AGC setting may be directly controlled and

overridden. Such control is further useful in situations including when a system feed-back oscillation is detected.

[0040] One of ordinary skill in the art will recognize that various techniques can be utilized to determine AGC set points as well as different signal detector configurations in the present invention. Additionally, various components, such as the gain control elements 305 and 306, AGC gain control 303 and 304, functionality of processor 315 and other elements could be combined into a single integrated device. Other changes and alterations to specific components, and the interconnections thereof, can be made by one of ordinary skill in the art without deviating from the scope and spirit of the present invention.

[0041] The invention has been described in detail with particular references to presently preferred embodiments thereof, but it will be understood that variations and modifications can be effected within the spirit and scope of the invention.

## CLAIMS

What is claimed is:

1. A frequency translating repeater for use in a time division duplexing (TDD) radio protocol system, the frequency translating repeater comprising:
  - a detector circuit configured to detect if a signal is present on one of two frequency channels associated with the frequency translating repeater;
  - a frequency translator configured to change a frequency channel associated with the signal from the one of the two frequency channels to an other of the two frequency channels; and
  - a delay circuit configured to add a delay to the signal to compensate for a signal detection interval and a transmitter configuration interval.
2. The frequency translating repeater according to claim 1, wherein the delay circuit includes an analog storage device.
3. The frequency translating repeater according to claim 1, wherein the delay circuit includes at least one surface acoustic wave filter configured for one or more of: analog signal storage and channel selection.
4. The frequency translating repeater according to claim 1, wherein the detector circuit includes a processor.
5. The frequency translating repeater according to claim 4, wherein the detector circuit further includes an analog detection circuit.



6. The frequency translating repeater according to claim 1, further comprising a gain control circuit having one of a gain value and an attenuation value associated therewith.
7. The frequency translating repeater according to claim 6, wherein:  
the detector is further for detecting a received signal strength of the signal, and  
the gain control circuit is further for using the received signal strength of the signal to adjust a gain value of the signal.
8. The frequency translating repeater according to claim 7, wherein the gain control circuit is further for controlling at least one of the gain value and the attenuation value based on a predetermined criteria to achieve a specific signal transmit output power.
9. The frequency translating repeater according to claim 8, wherein the predetermined criteria is for modifying the specific signal transmit output power and includes at least one of the following: frequency separation between a receive frequency and a transmit frequency, a regulatory rule, a temperature, a received power level, a transmit power level, and a detected interference level.
10. The frequency translating repeater according to claim 8, wherein the processor further includes a memory and wherein the predetermined criteria are stored in the memory.

11. A frequency translating repeater for use in a time division duplexing (TDD) radio protocol system, the frequency translating repeater comprising:

a detector circuit configured to detect if a signal is present on one of two frequency channels associated with the frequency translating repeater and to detect a received detected signal power of the signal;

a frequency translator configured to change a frequency channel associated with the signal from the one of the two frequency channels to an other of the two frequency channels;

a delay circuit configured to add a delay to the signal to compensate for a signal detection interval and a transmitter configuration interval; and

a gain control circuit configured to adjust a gain value of the signal at least in part based on the received detected signal power detected by the detector circuit.

12. The frequency translating repeater according to claim 11, wherein the gain control circuit is further configured to adjust the gain value based at least in part on criteria including which of the one of the two frequency channels the signal is received on, and which of the other of the two frequency channels is changed to.

13. The frequency translating repeater according to claim 12, wherein the criteria further includes at least one of a regulatory rule for transmission, an operating temperature, and frequency separation between receive and transmit frequencies.

14. The frequency translating repeater according to claim 11, wherein the criteria further includes a distance between a receive frequency and a transmit frequency, and

wherein the automatic gain control circuit is further configured to apply more filtering to the signal based on the distance.

15. A frequency translating repeater for use in a time division duplexing (TDD) radio protocol system, the frequency translating repeater comprising:

- a detector circuit configured to detect if a signal is present on one of two frequency channels associated with the frequency translating repeater;

- a frequency converter configured to convert the signal from a radio frequency (RF) signal to an intermediate frequency (IF) signal;

- a frequency translator configured to change a frequency channel associated with the IF signal from the one of the two frequency channels to an other of the two frequency channels;

- a delay circuit configured to add a delay to the IF signal to compensate for a signal detection interval and a transmitter configuration interval; and

- a gain control circuit configured to adjust a gain value of the IF signal.

16. The frequency translating repeater according to claim 15, wherein the gain control circuit is further configured to adjust the gain value of the IF signal at least in part based on a received detected signal power detected by the detector circuit.

17. The frequency translating repeater according to claim 15, wherein the detector circuit and the gain control circuit are located respectively on a first and a second signal path.

18. The frequency translating repeater according to claim 17, wherein the detector circuit includes a logarithmic amplifier and wherein the output of the logarithmic amplifier is coupled to the gain control circuit for control thereof.
19. The frequency translating repeater according to claim 18, wherein the detector circuit and the automatic gain control circuit each have different bandwidths.
20. The frequency translating repeater according to claim 19, wherein the automatic gain control circuit includes a processor and a memory storing a predetermined criteria and wherein the processor is configured to use the predetermined criteria to establish an offset gain value of the IF signal, resulting at least in part in a transmitter target output power independent of the detected receive power of the signal as detected by the detector circuit.
21. The frequency translating repeater according to claim 20, wherein processor is further configured to:
- convert the output of the logarithmic amplifier to a digital signal; and
  - establish the gain value of the IF signal using the digital signal.
22. A method for frequency translation in a frequency translating repeater for use in a time division duplexing (TDD) radio protocol system, the method comprising:
- a detecting if a signal is present on one of two frequency channels associated with the frequency translating repeater;
  - changing a frequency channel associated with the signal from the one of the two frequency channels to an other of the two frequency channels; and

adding a delay to the signal to equivalent to a signal detection interval and a transmitter configuration interval.

23. The method according to claim 22, wherein the adding the delay includes delaying the signal in an analog storage device.

24. The method according to claim 22, wherein the adding the delay includes at delaying the signal in at least one surface acoustic wave filter configured for one or more of: analog signal storage and channel selection.

25. The method according to claim 24, wherein the detecting includes detecting in an analog detection circuit.

26. The method according to claim 21, further comprising setting a gain associated with the signal.

27. The method according to claim 26, wherein the setting the gain further includes setting the gain in part based on a predetermined criteria.

28. The method according to claim 27, wherein the predetermined criteria includes at least one of the following: a distance between a receive frequency and a transmit frequency, a regulatory rule, a temperature, a received power level, a transmit power level, and a detected interference level.

29. The method according to claim 28, further comprising storing the predetermined criteria in a memory.

30. A method for frequency translation in a frequency translating repeater for use in a time division duplexing (TDD) radio protocol system, the method comprising:

detecting if a signal is present on one of two frequency channels associated with the frequency translating repeater;

changing a frequency channel associated with the signal from the one of the two frequency channels to an other of the two frequency channels;

adding a delay to the signal to compensate for a signal detection interval and a transmitter configuration interval; and

adjusting a gain value of the signal in part based on a detected receive power level of the signal.

31. The method according to claim 30, wherein the adjusting the gain value is based on a criteria including which of the one of the two frequency channels the signal is received on, and which of the other of the two frequency channels is changed to.

32. The method according to claim 30, wherein the criteria further includes a regulatory rule for transmission.

33. The method according to claim 31, wherein the criteria further includes frequency separation between a receive frequency and a transmit frequency.

34. A method for frequency translation in a frequency translating repeater for use in a time division duplexing (TDD) radio protocol system, the method comprising:

detecting if a signal is present on one of two frequency channels associated with the frequency translating repeater and, if so, a receive power level of the signal;

converting the signal from a radio frequency (RF) signal to an intermediate frequency (IF) signal;

changing a frequency channel associated with the IF signal from the one of the two frequency channels to an other of the two frequency channels;

adding a delay to the IF signal to compensate for a signal detection interval and a transmitter configuration interval; and

adjusting a gain value of the IF signal based at least in part on the detected receive power level of the signal.

35. The method according to claim 34, wherein the detecting and the adjusting are performed respectively on a first and a second signal path.

36. The method according to claim 35, wherein the detecting further includes generating a logarithmic signal from the signal and using the logarithmic signal for the adjusting.

37. The method according to claim 36, wherein the adjusting further includes using a predetermined criteria the adjusting the gain value of the IF signal.

38. The method according to claim 19, wherein the generating further includes converting the logarithmic signal to a digital signal; and wherein the adjusting further adjusting the gain value of the IF signal using the digital signal.

39. A frequency translating repeater for use in a time division duplexing communication system, the frequency translating repeater comprising:

- at least two receivers capable of receiving transmissions on at least first and second frequency channels;

- at least one transmitter capable of transmitting on the first frequency channel;

- at least one transmitter capable of transmitting on the second frequency channel;

- a detector circuit configured to detect if a signal is present on one of two frequency channels associated with the frequency translating repeater and for detecting a receive power level of the signal;

- a frequency translator configured to change a frequency channel associated with the signal from an initial one of the first and second frequency channels to a subsequent one of the first and second frequency channels;

- a microprocessor capable of configuring the first and second frequency channels based on pre-determined parameters stored therein, wherein

- configuration of a specific frequency for at least one of the first and second frequency channels is based on the pre-determined parameters, and

- the pre-determined parameters include at least one of the following: regulatory transmitter power limitations, regulatory out-of-band emissions limitations, and frequency separation between the first and second frequency channels.



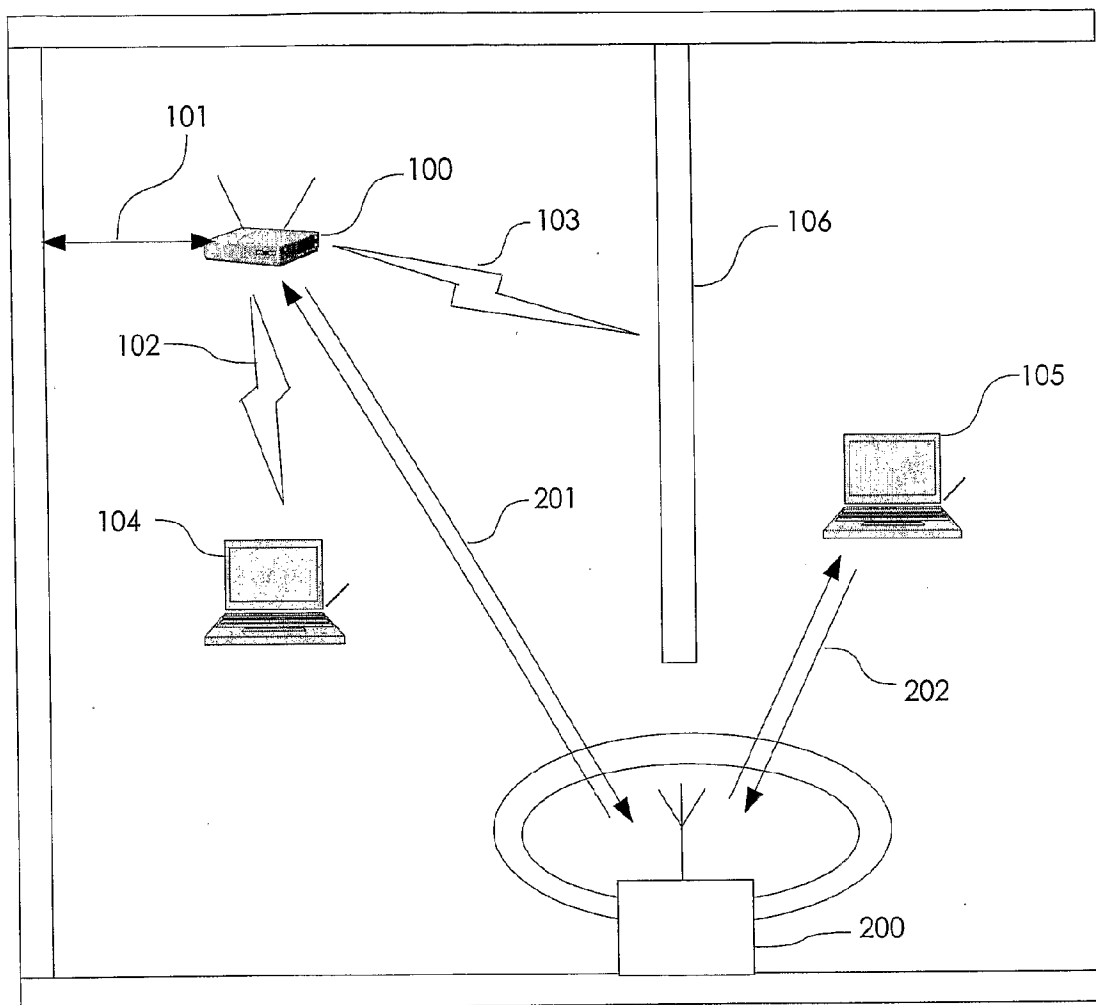


FIG. 1

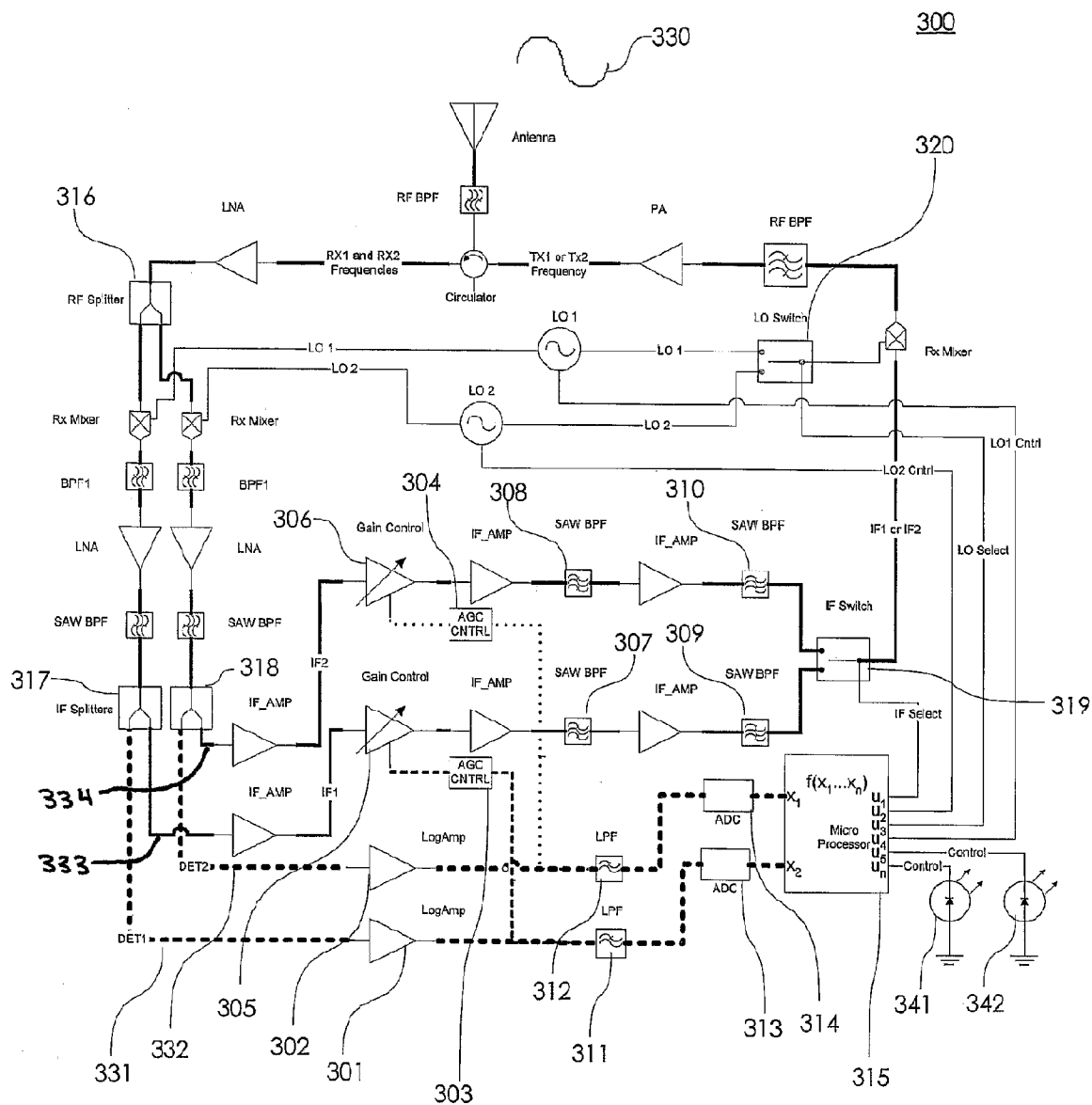


FIG. 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/29130

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : H04B 7/15

US CL : 455/11.1, 127.1, 127.2, 136, 138

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 455/11.1, 127.1, 127.2, 136, 138

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6,404,775 B1 (LESLIE et al) 11 June 2002, see entire document.	1-39
A	US 5,726,980 A (RICKARD) 10 March 1998, see entire document.	1-39
A	US 2002/0109585 A1 (SANDERSON) 15 August 2002, see entire document.	1-39
A	US 2003/0185163 A1 (BERTONIS et al) 02 October 2003, see entire document.	1-39

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"B" earlier application or patent published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 January 2004 (07.01.2004)

Date of mailing of the international search report

21 JAN 2004

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

Edan Orgad

Telephone No. 703-305-4223

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 公 開 特 許 公 報 ( A )

(11)特許出願公開番号  
特開2003-198442  
(P2003-198442A)

(43)公開日 平成15年7月11日(2003.7.11)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
H 0 4 B	7/24	H 0 4 B	A 5 K 0 6 7
	7/15	7/15	Z 5 K 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数12 ○ L (全 22 頁)

(21)出願番号 特願2001-399800(P2001-399800)

(22)出願日 平成13年12月28日(2001.12.28)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(72)発明者 玉木 剛

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

最終頁に続く

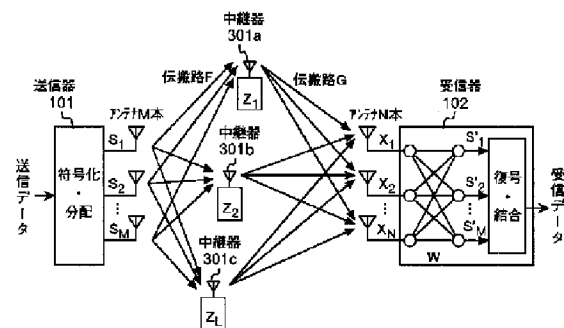
(54)【発明の名称】 多地点中継を行う無線伝送システム及びそれに使用する無線装置

(57)【要約】

【課題】MIMO通信システムにおいて、送信器と受信器が直接見通すことができる見通し伝搬環境においても通信路容量特性のよい通信システム及びそのための無線通信装置を実現する。

【解決手段】符号化されたデータ及びトレーニング信号含む送信データを複数のアンテナにデータを分配し、所定のタイミングで上記複数のアンテナから無線信号として送信する送信器を持つ無線装置101と、上記無線信号を受信し、バッファに貯え、所定時間遅延させて送信を行う中継器301a...301cを持つ複数の無線装置と、複数の第二の無線装置301a...301cからの無線信号を複数のアンテナで受信し、受信した無線信号に多重化されている上記トレーニング信号を使用して、上記符号化されたデータを復調する受信器を持つ無線装置102とを有して構成される。各無線装置は中継の要否を判定し、中継の稼働を制御する制御信号を送信する。

図 3



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】符号化されたデータ及びトレーニング信号を含む送信データを複数のアンテナにデータを分配し、所定のタイミングで上記複数のアンテナから無線信号として送信する送信部を持つ第一の無線装置と、上記無線信号を受信し、バッファに貯え、所定時間遅延させて送信を行う中継器を持つ複数の第二の無線装置と、

上記複数の第二の無線装置からの無線信号を複数のアンテナで受信し、受信した無線信号に多重化されている上記トレーニング信号を使用して、上記符号化されたデータを復調する受信部を持つ第三の無線装置とを有して構成される無線中継伝送システム。

【請求項2】符号化データを複数のアンテナにデータを分配する手段と、分配されたデータを受信側で復元するためのトレーニング信号を上記データに多重化する手段と、

送信タイミングを制御する手段とを有し、複数のアンテナから無線信号を送信する送信器を持つ第一の無線装置と、

上記第一の無線装置が送信した信号を受信してバッファに貯える手段と、貯えた信号を所定時間遅延させて送信を行うタイミングを制御する手段とを有した中継器を持つ第二の無線装置と、

上記第二の無線装置から送信された無線信号を複数のアンテナで受信するために受信タイミングを制御する手段と、受信した無線信号に多重化されている上記トレーニング信号から上記第一の無線装置の送信器で複数のアンテナに分配したデータに復元する手段と、複数アンテナに分配されたデータをパラレルシリアル変換することで符号化されたデータとして結合し、受信データを得る手段とを有した受信器を持つ第三の無線装置とで構成される無線中継伝送システム。

【請求項3】上記第一の無線装置の符号化手段はデータ誤りに対する誤り訂正を行うために上記符号化データに冗長度を付加する符号化手段をもち、上記第三の無線装置の受信器は上記冗長度を用いて、上記符号化されたデータに対して誤り訂正復号処理を行う手段をもつ請求項2記載の無線中継伝送システム。

【請求項4】請求項2記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の受信電力測定を行い、上記パイロット信号の受信電力が閾値以上の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、上記パイロット信号受信電力が閾値以下になった場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の

停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う無線中継伝送システム。

【請求項5】請求項2記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の信号対雑音電力測定を行い、上記パイロット信号の信号対雑音電力が閾値以上の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、上記パイロット信号信号対雑音電力が閾値以下になった場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う無線中継伝送システム。

【請求項6】請求項2記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の信号対雑音電力の測定及び上記トレーニング信号を用いて伝搬路推定を行い、上記信号対雑音電力と上記伝搬路推定の結果から通信容量を計算し、上記通信容量が閾値以下の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、また、上記通信容量が閾値以上の場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う無線中継伝送システム。

【請求項7】請求項2記載の無線中継伝送システムにおいて、送信器の送信タイミングと中継器の受信タイミング及び送信タイミングと受信器の受信タイミングを制御を上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号を基準として、そのオフセットを基地局から中継局と移動局に制御信号によって通知することによって中継時の動作タイミングを決定する無線中継伝送システム。

【請求項8】請求項1又は2記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一又は第二の無線装置のいずれかが位置的に固定設置され、上記第二の無線装置の代わりに無線信号を反射する反射物を上記固定設置された無線装置から直接見通すことができる見通し範囲内に設置した無線伝送システム。

【請求項9】移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される移動局であって、受信信号から制御信号及び上記基地局からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データを復元する受信部と、上記受信信号からの制御信号から上記複数の中継局による中継の要否を判別する中継判定部と、送信すべきデータを作り、送信

する送信部、上記制御信号を用いて、上記受信部及び送信部を制御すると共に、上記中継判定部の判定結果により上記基地局に対して中継開始要求又は中継停止要求の制御信号を作成し、上記送信すべきデータに上記中継開始要求又は中継停止要求の制御信号を加える制御部をもつことを特徴とする移動局。

【請求項10】移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される基地局であって、受信信号から制御信号及び上記移動局及び基地局間からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データを復元する受信部と、上記受信信号からの制御信号から上記複数の中継局による中継の要否を判別する中継判定部と、送信すべきデータを作り、送信する送信部、上記制御信号を用いて、上記受信部及び送信部を制御すると共に、上記中継判定部の判定結果により上記移動局及び中継局に対して中継動作指示の制御信号を作成し、上記送信すべきデータに上記動作指示の制御信号を加える制御部をもつことを特徴とする基地局。

【請求項11】移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される中継局であって、受信信号から制御信号及び上記移動局又は基地局からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データをバッファリングする中継器と、上記制御信号含まれる基地局パイロット信号又は上記送信データの電力を測定し、中継の要否を判別する中継判定部と、上記基地局パイロット信号を用いて送信タイミングを得る計算部と、上記送信タイミングで上記中継器の送信データを送信する送信部をもつことを特徴とする中継局。

【請求項12】MIMO通信方式以外の無線通信を行う送受信部をもつことを特徴とする請求項11記載の中継局。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無線伝送システム及びそれに使用する無線装置、更に詳しく言えば、移動通信システム等の無線伝送システムにおいて送受信装置間に複数の中継装置を配した無線中継伝送システム及びそれに使用する無線装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の移動通信システムにおいて、送信器から1本の送信アンテナで送信された無線信号に対して、受信器の受信感度向上のために、2本の受信アンテナを用いて信号対雑音電力比(S/N)のよいアンテナからの受信信号を用いる選択ダイバーシチ受信や、2本の受信アンテナからの信号を信号対雑音電力比に応じて加算する合成ダイバーシチ受信が知られている。また、第三世代移動通信規格の標準化組織の一つである(3GPP: Third Generation Partnership Project)では、

2本の送信アンテナから同一の信号を送信することにより、無線信号が受信器まで到着する経路(伝搬路)において確率的に遮蔽物の影響を受けにくくし、受信器の受信感度を向上する送信ダイバーシチ技術が知られている。

【0003】一方、前記3GPPとは別の通信方式を検討する標準化組織(3GPP2)では、図1に示すように送信器101において送信データをM本の複数アンテナに分配して送信し、伝搬路Hを経て到着した無線信号を、受信器102でN本の複数アンテナにて受信し、信号処理によってN本の受信信号からM本の送信信号を求めて受信データを得るという通信方式(MIMO: Multiple Input Multiple Output)が提案されている。

【0004】前記MIMO方式の原理について説明する。送信器101においてM本に分配された送信信号ベクトルを $s=(s_1, s_2, \dots, s_M)$ とし、送信アンテナiから送信された信号 $s_i$ が $h_{ji}$ 倍されて、受信アンテナjで受信すると、受信アンテナjでの受信信号 $x_j$ は、次式(1)で表される。

$$x_j = \{\sum (h_{ji} \times s_i)\} + v_j \quad \{i=1 \sim M\} \quad \dots (1)$$

ここで、 $v_j$ は受信器102で受信アンテナjに重畳される雑音を表す。ここで、 $h_{ji}$ を要素とするN行×M列の行列H、受信信号ベクトル $x=(x_1, x_2, \dots, x_N)$ 、受信器102で重畳される雑音ベクトル $v=(v_1, v_2, \dots, v_N)$ を用いると、(1)式は次式(2)のように表現できる。

$$x = Hs + v \quad \dots (2)$$

(2)式の伝搬路行列Hと雑音ベクトルvが分かれば、受信信号xから送信信号sを求めることができる。しかし、通信する時間や場所によって送信器101と受信器102の間の伝搬状況が変化するため、伝搬路行列Hは一意に定まらない。そこで、送信信号にトレーニング信号をのせ、受信器102でトレーニング信号を受信し、この受信信号から送信信号を求めるための作用行列Wを計算する。この作用行列Wを求めることにより、伝搬路行列Hと雑音ベクトルvの状況をトレーニングによって学習したことになる。これにより、トレーニング期間以降に受信した受信信号xと作用行列Wを用いて、送信信号の推定値 $s'$ は次式(3)で表すことができる。

【0005】

【数1】

$$s' = W^T x \quad \dots (3)$$

このMIMO方式によれば、送信データを1本のアンテナから送る方式に比べて、理想的には送信アンテナ数倍(M倍)のデータ量を送ることが可能となるため、無線周波数帯域あたりの通信容量(周波数利用効率)が高い方式として期待されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、送信器101において複数アンテナに送信データを分配して送信し、受信器102で複数アンテナで受信した信号から

信号処理によって受信データを得るMIMO方式は、  
 (2)式に示される伝搬路Hの特性に依存した方式である。図2(a)に示すように、都市部のように建物が多く存在する場合、送信器101からの無線信号は多くの建物で反射し、様々な経路を経て受信器102に到着する。このような伝搬路をマルチパス伝搬環境と呼ぶ。また、図2(b)に示すように、送信器101と受信器102の間に障害物や反射する建物など何もないような伝搬路を見通し伝搬環境と呼ぶ。MIMO方式における通信路容量対送受信アンテナ数の特性をマルチパス伝搬環境と見通し伝搬環境と比較したものを図2(c)に示す。図2(c)より、マルチパス伝搬環境では送受信アンテナ数の増加に比例して通信路容量が増加するが、見通し伝搬環境ではマルチパス伝搬環境に比べて通信路容量が小さく送受信アンテナ数を増やしても通信路容量が増えなくなってくる。図2に示す例において、送信器101の送信アンテナ数を3・受信器102の受信アンテナ数を3とすると、受信信号 $x_1, x_2, x_3$ は(1)式を用いて、次式(4)(5)(6)のように表すことができる。

【0007】

$$x_1 = h_{11} s_1 + h_{12} s_2 + h_{13} s_3 + v_1 \quad \cdots (4)$$

$$x_2 = h_{21} s_1 + h_{22} s_2 + h_{23} s_3 + v_2 \quad \cdots (5)$$

$$x_3 = h_{31} s_1 + h_{32} s_2 + h_{33} s_3 + v_3 \quad \cdots (6)$$

マルチパス伝搬環境では、送信アンテナ201aから受信アンテナ202aへの経路と送信アンテナ201bから受信アンテナ202aへの経路が異なるため、伝搬路行列の要素 $h_{11}$ と $h_{12}$ は異なる値をとる。一方、見通し伝搬環境では、送信アンテナ201a・送信アンテナ201b間の距離に比べて、送信アンテナ201a・受信アンテナ202a間及び送信アンテナ201b・受信アンテナ202a間の距離が十分大きいので、受信アンテナ202aに対して送信アンテナ201aと送信アンテナ201bは同程度に見えるため、伝搬路行列要素 $h_{11}$ と $h_{12}$ は似た値となる。同様な理由により、 $h_{11}$ と $h_{13}$ ・ $h_{11}$ と $h_{21}$ が似た値となり、式(4)(5)(6)から送信信号 $s_1, s_2, s_3$ を分離するのが困難になる。

【0008】上述の理由により、MIMO方式は見通し伝搬環境に比べてマルチパス伝搬環境で通信路容量特性がよいといえる。一方、見通し伝搬環境においても、通信路容量のよいMIMO方式の提供が望まれる。

【0009】本発明は、このような背景の下になされたもので、MIMO通信方式において見通し伝搬環境でも通信路容量が確保できる無線伝送システム及びそれに用いる無線装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明は、MIMO通信方式、すなわち送信データを複数のアンテナに分配し無線送信する送信部をもつ無線装置と、上記無線送信された信号を複数のアンテナ

で受信し上記送信データする再生する受信部をもつ無線装置をもつ無線伝送システムにおいて、上記送信部をもつ無線装置と上記受信部をもつ無線装置の間に、複数の中継局を配置し、上記2つの無線装置のいずれかが、上記中継局を使用するか否かの判断を行う中継判断手段と、その判断に基づき、上記中継局の駆動制御を行う制御信号を送信する手段をもつ。

【0011】本発明の好ましい実施形態では、上記無線装置は移動通信における携帯端末のような移動局及び基地局である。

【0012】また、上記中継判断手段は、一方の無線装置が他方の上記無線装置から定期的に送信されるパイロット信号の受信電力又は上記パイロット信号の信号対雑音電力の測定を行い、上記パイロット信号の受信電力又は上記パイロット信号の信号対雑音電力が閾値以上の場合、中継局による中継の開始要求の制御信号を上記他方の上記無線装置に通知し、上記パイロット信号受信電力又は上記パイロット信号の信号対雑音電力が閾値以下になった場合、中継局による中継の停止要求の制御信号を上記他方の上記無線装置に通知するもの、一方の無線装置が他方の上記無線装置から定期的に送信されるパイロット信号の信号対雑音電力の測定を行い、上記一方の無線装置が送信するトレーニング信号から伝送伝搬路推定を行い、上記信号対雑音電力及び伝送伝搬路推定の結果から通信容量を計算し、上記通信容量が閾値以上の場合、中継局による中継の開始要求の制御信号を上記他方の上記無線装置に通知し、上記通信容量が閾値以下になった場合、中継局による中継の停止要求の制御信号を上記他方の上記無線装置に通知するものがある。

【0013】なお、送信すべきデータ及びその無線信号へ変調、無線受信受信から上記送信すべきデータの復調、再生処理は、従来のMIMO通信方式による無線装置と実質的に同じである。すなわち、送信部は、符号化された送信データをシリアルパラレル変換し、複数アンテナに分配する手段と、分配された送信データが受信器で復元することができるためのトレーニング信号を送信データに多重化する手段と、送信タイミングを制御する手段と送信データを複数アンテナから無線信号として送信する送信器をもち、また、受信部は、無線信号を複数のアンテナで受信するために受信タイミングを制御する手段と、受信した無線信号に多重化されているトレーニング信号から送信器で複数アンテナに分配された送信信号を復元する手段と、複数アンテナに分配された送信信号をパラレルシリアル変換することで符号化データとして結合する手段と、符号化データに対して誤り訂正処理して受信データを得る手段とを有した受信器をもつ。

【0014】本発明の多地点中継による無線伝送システムによれば、送信無線装置の送信と受信無線装置の受信器の間に中継器を介することにより、上記送信器から上記中継器までの伝搬路と上記中継器から上記受信器まで

の伝搬路が独立に生成されるため、多地点に中継器を設置することにより、マルチパス伝搬環境と同様な伝搬路特性を生成することができる。これにより、送信器と受信器の間や周囲に障害物や建物などがなく、直接見通すことができる見通し伝搬環境においても、中継器の導入によりマルチパス伝搬環境を作為的に作成し、通信路容量においてよい特性を保つことにより、送受信アンテナ数を増加させると通信路容量がよくなるマルチパス伝搬環境と同様な特性が得られる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図3は本発明による無線伝送システムの一実施形態の構成を示すブロック図を示す。無線伝送システムは、送信データに無線通信路の誤りを訂正できるように冗長度を付加する符号化処理を行い、符号化されたデータを複数のアンテナ(M本)に対応して $s_1, s_2, \dots, s_M$ と分配して送信する送信器101をもつ第1の無線装置と、上記複数のアンテナから送信された無線信号を中継する複数の中継器をもつ複数の第2の無線装置301a・301b・301cと、中継された無線信号を複数のアンテナ(N本)で受信し、受信データを得る受信器をもつ第3の無線装置とで構成される。

【0016】上記信号 $s_1, s_2, \dots, s_M$ は中継器301a・301b・301cのバッファに各々 $z_1, z_2, \dots, z_L$ として貯えられる。送信器101と中継器301a・301b・301cの間の伝搬路特性を表す行列を伝搬路Fとすると、中継器301a・301b・301cで貯えられた信号 $z_1, z_2, \dots, z_L$ は(2)式より次式(7)のように表すことができる。

【0017】 $z = Fs + v' \dots (7)$

ここで、 $v'$ は中継器301a・301b・301cで重畳される雑音を表す。中継器301a・301b・301cで貯えられた信号 $z_1, z_2, \dots, z_L$ は、バッファにより所定時間遅延させてから受信器102で送信される。中継器301a・301b・301cと受信器102の間の伝搬路特性を表す行列を伝搬路Gとすると、受信器102で受信した信号 $x_1, x_2, \dots, x_N$ は、(2)式と(7)式より式(8)のように表すことができる。

【0018】

$x = Gz + v'' = GFs + Gv' + v'' \dots (8)$   
ここで、 $v''$ は受信器102で重畳される雑音を表す。送信器101で送信された信号 $s_1, s_2, \dots, s_M$ を、(8)式から代数的に求めるために、送信データに既知のトレーニング信号を多重化させて送信することにより、受信信号 $x_1, x_2, \dots, x_N$ から送信信号 $s_1, s_2, \dots, s_M$ を求めるための行列Wを後述のMMSE (Minimum Mean Square Error) のSMI (Sampled Matrix Inverse)法を使用することによって求めることができる。行列Wが求まると、送信器101でM本のアンテナに分割された信号を復元した $s_1', s_2', \dots, s_M'$ が次式(9)によって求めることができ

る。

【0019】

【数2】

$$s' = W^T x \dots (9)$$

(9)式で得られた送信アンテナM本の信号 $s_1', s_2', \dots, s_M'$ を結合し、結合したデータに対して誤り訂正復号処理を行うことにより受信データ、送信データを再生することができる。

【0020】図4は本発明による無線伝送システムを利用した移动通信システムの一実施形態の構成図を示す。移動局408の送信器101bから送信されたデータは、中継局407a・407b・407cの中継器301a・301b・301cを経て、基地局406の受信器102aで受信され、基地局406の制御を行う制御局405に送られる。移動局408のアプリケーションによって、制御局405に送られたデータは移动通信網404を介して他の移動局に送られて通話を行う場合もあれば、移动通信網404とインターネット402を接続するためのゲートウェイ装置403を介してインターネット402に接続し、インターネット上のサーバ401に送られ、サーバが提供するサービスに対してリクエストすることができる。サーバ401から移動局408に送られるデータは、インターネット402、ゲートウェイ装置403、移动通信網404、制御局405を介して基地局406に送られ、さらに基地局406の送信器101aから送信されたデータは、中継局407a・407b・407cの中継器301a・301b・301cを経て、移動局408の受信器102bによって受信される。中継局を構成する装置は、通信事業者による固定設置の設備である場合や、通話機能と中継機能を設けたユーザ端末装置である場合がある。

【0021】図5は、図4の移動局と基地局間の無線伝送における伝送開始時の動作フロー図を示す。移動局408と基地局406の間で、中継局407a, 407b, 407cを介さないで、通信を行っている状態を非中継状態と呼ぶことにする。非中継状態において、移動局408は中継を行うべきかどうかの判定を行う。

【0022】上記判定の第1の方法は、基地局406からパイロット信号を定期的に送信し、移動局408で受信したパイロット信号の信号対雑音電力( $S/N$ )を測定する。信号対雑音電力( $S/N$ )が閾値を超えていた場合、基地局からのパイロット信号が十分に大きいため見通し伝搬路であると判断して中継開始の判定を行う。

【0023】上記判定の第2の方法は、上記信号対雑音電力( $S/N$ )の代わりに受信電力を用いる方法もあげられる。

【0024】上記判定の第3の方法は、基地局406からパイロット信号と上述のトレーニング信号を定められたタイミングで定期的に送信し、移動局408でトレーニング信号をもとに伝搬路推定を行い通信路容量を計算



して、通信路容量と閾値を比較することにより、中継を行うことで通信路容量特性がよくなると判断した場合に中継開始の判定を行う方法があげられる。

【0025】中継開始の判定がなされた場合、移動局408から基地局406に対して中継開始要求を表す制御信号が送られる。基地局406は、上記中継開始要求を表す制御信号を受け取ると、基地局406で管理している中継局数Nが中継開始要求で要求されている中継局の最低必要数（閾値M）を満たしているかどうかを判断し、満たしている場合には中継局と移動局に対して中継開始

を通知する中継動作指示の制御信号を送信する。中継局数Nが閾値Mを満たしていない場合は、中継動作指示の制御信号を送信せず、移動局408からの中継開始要求を棄却する。中継動作指示を受け取った移動局408・中継局407a・407bは、中継動作指示で指定されたタイミングでデータの送受信を行う。

【0026】各中継局407a・407b・407cは、移動局408や基地局406からデータを受け取ると、バッファに取り込んでから所定時間遅延させて送信するが、バッファに取り込んだデータを送信すべきかどうか送信判定を行う。送信判定の方法は、基地局406から定期的に送信されるパイロット信号の受信電力を測定し、閾値よりも小さい場合は基地局406から遠いため中継に関与しても効果が少ないと判断して送信をやめたり、送信局（移動局408又は基地局406）から受信した信号の受信電力が閾値よりも小さい場合は、送信局からの距離が遠いため中継に関与しても効果が少ないと判断して送信をやめる方法がある。図5では、基地局406から送信した信号Data\_D(1)が中継局407aにおいて送信判定を行った結果、移動局408への送信を止めている例を示す。

【0027】図6(a)及び(b)は、それぞれ本発明による無線伝送システムの一実施形態における多地点中継伝送停止の場合の基地局主導時及び移動局主導時の動作フロー図を示す。

【0028】基地局主導時の場合(a)

中継局407aが中継機能をもつユーザ端末装置である場合、中継局407aの移動によって隣の基地局に切り替える（ハンドオーバー）ことが生じる。ハンドオーバーを行う際は、中継局407aと基地局406との間で制御信号がやりとりされるため、基地局406では中継局数の増減を把握することが可能である。よって、中継局数Nが中継動作に必要な中継局数（閾値L）を満たせない場合には、基地局406から中継停止を表す中継動作指示の制御信号を送信する。これを受け取った移動局408・中継局407a・407bは、中継動作を停止して移動局408と基地局406間で直接通信を行う。

【0029】移動局主導時の場合(b)

中継動作中に、移動局408にて中継判定を行い、中継判定で中継停止と判断した場合には中継停止要求の制御

信号を基地局406に送信する。中継判定の方法としては、基地局406のパイロット信号の信号対雑音電力（S/N）もしくは受信電力を測定し、閾値以下になった場合に基地局406との伝搬環境が見通し伝搬環境ではなくなったとして中継停止と判断する。また別の方法は、トレーニング信号から伝搬路推定を行い、基地局406のパイロット信号からS/Nを求め、伝搬路推定結果とS/Nから通信路容量を計算して、通信路容量が閾値以下になったときに中継伝送による効果がなくなったとして中継停止を判断する方法がある。基地局406は、中継停止要求を移動局408から受け取ると中継局407a・407b・移動局408に対して中継停止を表す中継動作指示の制御信号を発行することによって中継動作を停止させる。

【0030】図7は本発明による無線伝送システムの一実施形態における制御信号のメッセージフォーマットを示す。図7(a)は、移動局408から基地局406への中継開始要求と中継停止要求の制御信号のフォーマットである。LENはword=32bitとした時のword数を表し、MSGは制御信号の種別を表し、Opで中継する経路が移動局408から基地局406方向（アップリンク）なのか、基地局406から移動局408方向（ダウンリンク）なのか、双方向なのかを表す。Num\_M（閾値M）は、基地局406で管理している中継局数がこれより大きければ中継を開始すると判断し、Num\_L（閾値L）は中継局数がこれより小さければ中継を停止すると判断するために用いる。

【0031】図7(b)は、基地局406から移動局408・中継局407a・407b・407cへの中継動作指示の中継開始と中継パラメータ更新を表すフォーマットである。UIDは移動局408・中継局407a・407b・407c各々のID番号を示す。DST・LENは基地局406から移動局408方向（ダウンリンク）において、基地局406の送信タイミングを図9(a)に示すように規定するものである。UST・ULENは移動局408から基地局406方向（アップリンク）において、移動局408の送信タイミングを図9(b)に示すように規定するものである。RXLは、中継局407a・407b・407cにおいて中継するデータの送信判定に用い、中継データの受信電力がこれより小さければ中継しない。TXLは、中継局407a・407b・407cにおいて中継するデータの送信判定に用い、基地局が定期的に送信するパイロット信号の受信電力がこれより小さければ中継しない。GAIN\_Kは、中継局407a・407b・407cにおいて中継するデータの受信電力に対して、何倍の送信電力で送信するかを規定するものである。

【0032】図7(c)は、上記実施形態における基地局406から移動局408・中継局407a・407b・407cへの中継動作指示の中継停止を表すフォーマットである。

ット図である。図8は本発明による無線伝送システムの一実施形態における中継局の中継動作説明のフロー図を示す。非中継状態において(s1)、基地局406から中継動作指示の制御信号を受信した場合(s2)、指示内容が中継開始ならば中継状態に移行し、指示内容が中継停止・パラメータ更新ならば非中継状態のまま継続する(s3)。中継状態に移行した場合は(s4)、中継データを受信すると(s5)、バッファにデータを取り込み、このデータを送信すべきかどうか送信判定を行う(s6)。送信判定の方法は、中継データの受信電力が中継動作指示の制御信号で指定された閾値RXLよりも大きい場合、かつ基地局406が定期的に送信するパイロット信号の受信電力が中継動作指示の制御信号で指定された閾値TXLよりも大きい場合に送信するものとし(s7)、上記以外の場合においては中継データを破棄する(s8)。これは、移動局408又は基地局406からの無線伝搬環境が悪い状態もしくは距離が遠い場合には中継しない方がよいと中継局407aで独自に判断する。送信すると判定した場合には、中継動作指示の制御信号で指定されたタイミングでバッファからデータを

取り出して送信する。中継状態において、中継動作指示の制御信号を受信した場合(s9)、その内容を判別し(s10)、内容が中継停止の場合は非中継状態に移行し、指示内容がパラメータ更新の場合(s11)は送信タイミングなどの中継動作パラメータを更新して(s12)中継状態を維持し、指示内容が中継開始の場合は特に何もせずに中継状態を維持する。

【0033】図9は本発明による無線伝送システムの一実施例における多地点中継伝送時の送受信タイミング図を示す。基地局406から移動局408方向(ダウンリンク)では、基地局406が定期的に送信しているパイロット信号を基準として、中継動作指示の制御信号で規定したDSTだけずれたタイミングで基地局406から送信信号が送信される。送信信号には、基地局406で複数アンテナに分配した信号を移動局408でMIMOによって求めるために必要なトレーニング信号と、ユーザアプリケーションのデータが多重されている。送信信号は、中継動作指示の制御信号で規定したDLNの長さ継続して送信される。

【0034】中継局407a・407bは基地局406からの送信信号を受信するとDLNだけ遅延させたタイミングで移動局408に対して送信する。移動局408では、基地局406から直接波として届いた受信信号と、中継局407a・407b経由で届いた受信信号を合成することによりMIMOによって受信データを復元する。移動局408から基地局406方向(アップリンク)では、基地局406が定期的に送信しているパイロット信号を基準として、中継動作指示の制御信号で規定したUSTだけずれたタイミングで移動局408から送信信号が送信される。送信信号には、移動局406で複

数アンテナに分配した信号を基地局406でMIMOによって求めるために必要なトレーニング信号と、ユーザアプリケーションのデータが多重されている。

【0035】送信信号は、中継動作指示の制御信号で規定したULNの長さ継続して送信される。中継局407a・407bは移動局408からの送信信号を受信するとULNだけ遅延させたタイミングで基地局406に対して送信する。基地局406では、移動局408から直接波として届いた受信信号と、中継局407a・407b経由で届いた受信信号を合成することによりMIMOによって受信データを復元する。

【0036】図10は本発明による無線伝送システムで使用される移動局の一実施形態の構成を表すブロック図である。移動局408は、無線区間の無線信号を送受信するための複数のアンテナ1001a・1001b・1001cと、アンテナ1001a・1001b・1001cからの受信信号に対するフィルタ処理とアナログ信号からデジタル信号に変換するA/D変換処理を行い、かつアンテナ1001a・1001b・1001cへの送信信号に対してデジタル信号からアナログ信号に変換するD/A変換処理とフィルタ処理・電力増幅を行う無線部1002と、無線部1002からの受信信号に対し基地局406で複数アンテナに分配された送信信号を復元し、誤り訂正処理を施して受信信号を得て、かつ無線部1002への送信信号に対して誤り訂正が行えるように冗長度を付加する符号化処理を行い、複数アンテナ1001a・1001b・1001cへ分配し基地局406で復元できるためのトレーニング信号を多重化する機能を有するモデム部1006と、モデム部1006から得た受信信号から制御信号を抽出して呼接続や中継動作に関するプロトコル処理を行い、中継時の送受信タイミングを制御する制御部1016と、制御部1016で受けた受信信号を外部入出力インタフェースにあわせてスピーカに音声出力したり、マイクなど外部入出力からの入力信号を制御部の制御信号と多重化してモデム部1006に渡す通話部1021とで構成される。以下に信号の流れに従って各ブロックを詳細に説明する。アンテナ1001a・1001b・1001cで受信した無線信号は無線部1002において共用器1003a・1003b・1003cによって受信部1004a・1004b・1004cに分けられる。受信部1004a・1004b・1004cでは、受信信号に対してフィルタ処理を行いベースバンド信号処理帯域に変換し、アナログ信号をデジタル信号に変換(A/D変換)してモデム部1006に渡す。モデム部1006では、受信信号は信号分離1007によって、基地局パイロット信号と基地局信号に分離される。基地局基準タイミングサーチ1008では、基地局パイロット信号を同相加算することでパイロット信号が送られているタイミングを検出することができる。中継判定回路1009では、中継動

作を行うかどうかを判定する。中継動作の判定方法としては、基地局パイロット信号の信号対雑音電力( $S/N$ )の閾値比較、もしくは基地局信号の伝搬路推定結果とパイロット信号の $S/N$ から通信路容量を計算し閾値比較して判定する方法があげられる。中継判定回路1009より中継開始又は中継停止のトリガが発生すると制御部1016のプロトコル処理部1019に通知され、移動局408から基地局406に対して中継開始要求又は中継停止要求の制御信号が送信される。受信器102では、基地局信号の受信信号 $x_1, x_2, \dots, x_N$ からMIMOによって基地局の送信信号 $s_1', s_2', \dots, s_M'$ を計算するMIMO復調器1010と、基地局の送信信号をパラレルシリアル変換して符号化データに戻すP/S変換器1011と、符号化データに対する誤り訂正を行い復号処理する誤り訂正復号器1012とを含む。復号された受信データは、制御部1016の信号分離1018で、制御信号とデータとに分離される。制御信号は、プロトコル処理部1019にて呼接続に必要なプロトコル処理や、本発明に必要な制御信号として活用され、基地局406からの中継動作指示の制御信号は、中継動作指示データ1020として保存される。送受信タイミング計算部1017では、基地局基準タイミングサーチ1008で検出したパイロット信号タイミングと中継動作指示データ1020で規定される送受信タイミングを元に、MIMO復調器1010に必要なタイミング信号(中継モード: MODE、直接波: DR\_EN、中継局波: RP\_EN)と、MIMO変調器1013に必要なタイミング信号(送信イネーブル: TX\_EN)を生成する。

【0037】 通話部1021では、信号分離1018から得られたデータをコーデック1023に渡すと、例えば音声符号化されたデータを外部入出力1024のインタフェースにあわせた信号に変換して、外部入出力1024からスピーカなどを通じて出力される。また、マイクなどから取り込まれたデータは外部入出力1024を介して、コーデック1023によって音声符号化の処理がなされる。多重化回路1022では、プロトコル処理部1019からの制御信号とコーデック1023からのデータを送信データとして多重化処理する。多重化された送信データは、送信器101に渡される。

【0038】 送信器101では、誤り訂正符号器1015によって誤り訂正のために冗長信号をのせた符号化データに変換し、S/P変換器1014によってシリアルパラレル変換することにより複数の送信アンテナに送信データを分配し、MIMO変調器1013でトレーニング信号を送信データに多重化して、無線部1002の送信部1005a・1005b・1005cにデータを送る。送信部1005a・1005b・1005cでは、デジタル信号をアナログ信号に変換(D/A変換)し、電力増幅とフィルタ処理を行って共用器1003a・1003b・1003cを介してアンテナ1001a・1

001b・1001cから送信データを無線信号として送信する。図11は移動局408における送受信タイミング計算部1017のタイミング図を示す。図11(a)は、非中継時における動作を示しており、基地局406からはパイロット信号と基地局信号が送信されている。中継モード(MODE)は、非中継を表すローレベルで固定出力となる。基地局406からの直接波(DR\_EN)は、パイロット信号の区間でローレベル出力となり基地局信号の区間でハイレベル出力となる。中継局407a・407b・407cからの間接波である中継局波(RP\_EN)はローレベル固定出力となる。移動局408の送信タイミング(TX\_EN)は、パイロット信号の区間でローレベル出力、移動局送信時間でハイレベル出力となる。図11(b)は、中継時の動作を表している。中継モード(MODE)は、中継を表すハイレベルで固定出力となる。基地局406からの直接波(DR\_EN)は、パイロット信号を基準として中継動作指示データ1020で規定されたDSTずれたタイミングから、同じく中継動作指示データ1020で規定されたDLENの長さまでハイレベル出力となる。次のDLENの長さでローレベルとなり、次のパイロット信号の区間までハイレベルとローレベルを交互に繰り返す。

【0039】 中継局407a・407b・407cからの間接波である中継局波(RP\_EN)は、前記DR\_ENがDLENの長さローレベルとなっている区間でハイレベル出力となり、それ以外でローレベル出力となる。移動局408の送信タイミング(TX\_EN)は、パイロット信号を基準として中継動作指示データ1020で規定されたUSTずれたタイミングから、同じく中継動作指示データ1020で規定されたULENの長さまでハイレベル出力となる。次のULENの長さでローレベルとなり、次のパイロット信号の区間までハイレベルとローレベルを交互に繰り返す。

【0040】 図12は移動局におけるMIMO復調器1010とP/S変換器1011の構成を示すブロック図である。図12は移動局について書いてあるが、基地局のMIMO復調器、P/S変換器も同じ構成である。以下に動作概要について説明する。信号分離1007で分離された基地局信号は、MIMO復調器1010の前処理部1216a・1216b・1216cへ送られる。前処理部1216a・1216b・1216cの構成及び動作は同じである。中継時にはデマルチプレクサ1217、バッファ1218、加算器1219で処理された基地局信号が選択器1220で選択され、非中継時には基地局信号が選択される。なお、デマルチプレクサ1217、バッファ1218、加算器1219の詳細な動作については後述する。デマルチプレクサ1221へ送られた信号は、デマルチプレクサ1221でトレーニング信号とデータとに分離される。トレーニング信号はウェイト計算部1212a・1212b・1212cに、デ

ータは積和演算部1211a・1211b・1211cに送られる。ウェイト計算部1212aと積和演算部1211aとにより、第1の送信アンテナから送信されたデータの推定値s'1を求める処理が行われる。ウェイト計算部1212aでは、第1の送信アンテナ以外の送信アンテナから送信された成分を除去するための重みW11、W21、W31が算出される。この重みを使用して、積和演算部1211aで積和演算が行われ、第1のアンテナから送信されたデータの推定値s'1が算出される。同様に、ウェイト計算部1212b、積和演算部1211bにより第2の送信アンテナから送信されたデータの推定値s'2が、ウェイト計算部1212c、積和演算部1211cにより第3の送信アンテナからの送信データの推定値s'3が算出される。

【0041】推定値s'1、s'2、s'3は、復調器1215a・1215b・1215cで復調され、P/S変換器\*

$$\mathbf{R}_{xx} = \mathbf{E}[\mathbf{x} \mathbf{x}^T] \quad \dots(10)$$

$$\mathbf{r}_{xm}^{(m)} = \mathbf{E}[\mathbf{x} \hat{\mathbf{s}}_m] \quad \dots(11)$$

$$\mathbf{w}_m = \mathbf{R}_{xx}^{-1} \mathbf{r}_{xm}^{(m)} \quad \dots(12)$$

を計算することで重みを求めることができ、また、積和演算部1211a・1211b・1211cにおいて、

【0043】

【数4】

$$\mathbf{s}'_m = \mathbf{w}_m^T \mathbf{x} \quad \dots(13) \quad ※$$

- $M$  : 送信アンテナの数  
 $N$  : 受信アンテナの数  
 $\hat{\mathbf{s}}_m$  :  $m$  番目の送信アンテナから送信したトレーニング信号の値  
 $\mathbf{s}_m$  :  $m$  番目の送信アンテナから送信したデータの値  
 $\hat{\mathbf{s}}$  :  $\hat{\mathbf{s}} = (\hat{s}_1, \dots, \hat{s}_M)^T$  であたえられる  $M$  次ベクトル  
 $\mathbf{s}$  :  $\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_M)^T$  であたえられる  $M$  次ベクトル  
 $\hat{\mathbf{x}}_n$  :  $n$  番目の受信アンテナ受信値(トレーニング信号に対する受信値)  
 $\mathbf{x}_n$  :  $n$  番目の受信アンテナ受信値(データに対する受信値)  
 $\hat{\mathbf{x}}$  :  $\hat{\mathbf{x}} = (\hat{x}_1, \dots, \hat{x}_N)^T$  であたえられる  $N$  次ベクトル  
 $\mathbf{x}$  :  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)^T$  であたえられる  $N$  次ベクトル  
 $\mathbf{R}_{xx}$  : トレーニング信号の受信ベクトル $\hat{\mathbf{x}}$ の相関行列( $N \times N$  次)  
 $\mathbf{r}_{xm}^{(m)}$  :  $\hat{\mathbf{x}}$ と $\hat{\mathbf{s}}_m$ の相関ベクトル( $N$  次)  
 $\mathbf{w}_m$  :  $m$  番目の送信アンテナからのデータを求めるウェイトベクトル( $N$  次)。  $\mathbf{w}_m = (w_{1m}, \dots, w_{Nm})^T$

(\*)は複素共役、(T)は転置を意味する。

中継時における、デマルチプレクサ1217、バッファ1218、加算器1219の動作について説明する。基地局信号がデマルチプレクサ1217にて、基地局のアンテナから直接受信した基地局信号(図9参照。以後、直接波信号)と、中継器で中継した後に送信した基地局信号(以後、中継波信号)とに分離される。直接波信号は、バッファ1218に一旦記憶されることにより図9のDLE N分の遅延がかけられ、加算器1219にて中継波信号と加算される。この遅延と加算の処理により、基地局のアンテナから送信された信号が、非中継時の伝搬路と中継時の伝搬路を合成した伝搬路を伝搬し、移動局に到達したとみなすことができる。合成後の伝搬路

\*1011にてシリアルデータに変換され、誤り訂正復号器1012へ送られる。ウェイト計算部1212a・1212b・1212c、積和演算部1211a・1211b・1211cの詳細について説明する。ウェイト計算部1212aと積和演算部1211aでは、第1の送信アンテナからの信号を希望波とみなし、第1の送信アンテナ以外の送信アンテナからの信号を干渉波とみなし、アダプティブアレーアンテナで用いられる干渉波除去アルゴリズムを適用することにより、第1の送信アンテナからの信号が推定される。他の送信アンテナからの信号についても同様の方法で推定される。たとえば、MMSE(Minimum Mean Square Error)におけるSMI(Sampled Matrix Inverse)法を使用する場合は、ウェイト計算部1212a・1212b・1212cにおいて、

【0042】

【数3】

$$\dots(10)$$

$$\dots(11)$$

$$\dots(12)$$

※を計算することで、推定値s'1、s'2、s'3を求めることができる。ただし、次に示すとおり定義される。

【0044】

【数5】

は、伝搬路がさらにマルチパス伝搬環境に近づくことが期待できるため、通信路容量の向上が期待できる。しかし、直接波信号が中継波信号よりも格段に大きい場合には、中継方式を行わない場合と等価になってしまう。このような場合には、加算器1219を重み付き加算器に変更し、直接波信号と中継波信号の比率が適切となるように重みを調整する。

【0045】図13は移動局におけるS/P変換器1014とMIMO変調器1013の構成を示すブロック図である。図13は移動局について説明するが、基地局のS/P変換器、MIMO変調器も同じ構成である。動作概要について説明する。誤り訂正符号器1015で符号

化されたデータは、S/P変換器1022で送信アンテナ数分の幅の平行データに変換される。トレーニング信号生成部1303では、各送信アンテナから送信されたデータを受信側において分離するため、及び、伝搬路を推定するために使用されるトレーニング信号が生成される。平行データとトレーニング信号とがマルチプレクサ1302にて時分割多重される。時分割は、TX\_EN信号の立ち上がり基準として、あらかじめ決められたタイミングで行われる(図11)。時分割多重された信号は、変調器1304で複素ベースバンド信号s1, s2, s3に変調され、無線部1002を経て、アンテナから送信される。トレーニング信号生成部1303で生成されるトレーニング信号について説明する。受信側でデータの分離を可能とするために、各アンテナから送信されるトレーニング信号の間には、相互相関が低いという性質が必要とされる。また、伝搬路推定を可能とするためには、トレーニング信号の自己相関関数がデルタ関数的であることが必要とされる。たとえば、プリファードペアであるM系列をトレーニング信号とすれば、近似的にこの性質が満たされる。

【0046】図14は中継判定回路1009の構成を示すブロック図である。中継判定回路1009は、中継を行うか行わないかを判定する回路である。図14には、受信S/Nによる判定と、通信路容量による判定の2種類の実施例を1つの図に示す。選択器1407は、どちらか一方の実施例が選択されることを意味する。まず、受信S/Nによる判定では、見通し伝搬環境における受信S/Nは、マルチパス伝搬環境の受信S/Nよりも非常に大きいことを利用する。基地局パイロットを用いて受信S/N測定部1403で測定した受信S/Nと、あらかじめ決めてあるS/Nの閾値とが、比較器1405で比較される。受信S/Nの方が大きい場合には比較器1405から「中継開始」が出力されTR\_ENがハイ \*

\* レベルとなり、受信S/Nの方が小さい場合には「中継停止」が出力されTR\_ENがローレベルとなる。

【0047】次に、通信路容量による判定では、見通し伝搬環境における通信路容量は、マルチパス伝搬環境の通信路容量よりも小さいことを利用する。基地局信号の中から、基地局から移動局に直接届いた(中継されていない)信号のトレーニング信号がトレーニング信号分離部1401で抽出される。このトレーニング信号を用いて、伝搬路推定部1402にて、基地局と移動局の間の伝搬路行列Hが推定される。伝搬路推定には、たとえば、パルス圧縮法(笹岡秀一著、ウェーブサミット講座 移動通信、pp47~48、オーム社出版局、ISBN4-274-07861-2)が使用される。伝搬路行列Hと受信S/Nを用いて通信路容量計算部1404で非中継時における通信路容量が推定される。推定した通信路容量と、予め決めてある通信路容量の閾値とが比較器1406で比較され、推定値の方が小さい場合には比較器1406から「中継開始」が出力されTR\_ENがハイレベルとなり、推定値の方が大きい場合には「中継停止」が出力されTR\_ENがローレベルとなる。

【0048】通信路容量計算部1404の詳細について説明する。MIMOにおける通信路容量Cは、

【0049】

【数6】

$$C = \log_2 \det \left( \mathbf{I}_N + \frac{P}{MQ} \mathbf{H} \mathbf{H}^H \right) \quad \cdots (14)$$

であたえられる(F.R.Farrokhi他、Link-Optimal Space-Time Processing with Multiple Transmit and Receive Antennas, IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL.5, NO.3 March 2001)。ここで、次に示すとおり定義される。

【0050】

【数7】

- $P_m$  : m番目の送信アンテナの平均送信電力。
- $P$  : 全送信電力。 $P = \sum_{m=1}^M P_m$
- $Q$  : 各受信アンテナに加わる平均雑音電力。
- $\mathbf{I}_N$  : N次単位行列。
- $\mathbf{H}$  : 送信器と受信器の間の伝搬路行列(N×M次)。
- $C$  : 帯域あたりの通信路容量[bit/s/Hz]

( $\cdot$ )<sup>H</sup>は複素共役転置を意味する。

受信S/Nと推定した伝搬路行列を用いて(14)式により通信路容量が計算される。

【0051】図15は本発明による中継局の一実施形態の構成を示すブロック図である。中継局407aは、無線区間の無線信号を送受信するためのアンテナ1501とアンテナ1501からの受信信号に対するフィルタ処理とアナログ信号からデジタル信号に変換するA/D変換処理を行い、かつアンテナ1501への送信信号に対してデジタル信号からアナログ信号に変換するD/A変換処理とフィルタ処理・電力増幅を行う無線部15

02と、無線部1502からの受信信号をバッファにとり込んで、所定時間遅延させて中継を行う中継器を有し、中継のための制御信号を送受信するために復調と誤り訂正処理を施して受信信号を得て、かつ無線部1002への送信信号に対して誤り訂正が行えるように冗長度を付加する符号化処理を行い変調する機能を有するモデム部1506と、モデム部1506から得た受信信号から制御信号を抽出して呼接続や中継動作に関するプロトコル処理を行い、中継時の送受信タイミングを制御する制御部1517と、制御部1517で受けた受信信号を

外部入出力インタフェースにあわせてスピーカに音声出力したり、マイクなど外部入出力からの入力信号を制御部の制御信号と多重化してモデム部1506に渡す通話部1526とで構成される。

【0052】ここで、中継局407は、中継する信号以外にも中継局407が送受信する制御信号やデータを多重化して処理できる構成となっている。なお、中継器407aにおいても、複数アンテナを有しMIMO復調とMIMO変調を行う装置であってもよい。この実施例では、中継器においてはMIMOによる処理を行わない例を示しており、中継局に対する制御信号はMIMO変調がかからない無線信号で通信されるものとする。以下に信号の流れに従って各ブロックを詳細に説明する。アンテナ1501で受信した無線信号は無線部1502の共用器1503を介して受信部1504に渡される。受信部1504では、受信信号に対してフィルタ処理を行いベースバンド信号処理帯域に変換し、アナログ信号をデジタル信号に変換(A/D変換)してモデム部1506に渡す。モデム部1506では、受信信号は信号分離1507によって、基地局パイロット信号と送信局信号に分離する。サーチ1512では、基地局パイロット信号を同相加算することでパイロット信号が送られているタイミングを検出する。

【0053】送信局信号は中継器301でバッファにとり込まれ、制御部1517の送信タイミング計算部から得られる受信イネーブル(RX\_EN)と送信イネーブル(TX\_EN)、中継判定1522から得られる中継イネーブル(TR\_EN)によって中継して送信するタイミングを制御し、送信電力計算部1525から得られる送信電力値に設定して送信する。前記の信号を生成するために、信号分離1507で分離された送信局信号は、復調器1508で変調信号を元に戻す復調処理を行い、誤り訂正復号器1515にて誤り訂正を行い復号処理をして受信データを得る。受信データは、制御部1517の信号分離1518で制御信号とユーザアプリケーションのデータに分離され、制御信号はプロトコル処理部1521で呼続処理シーケンスや本発明の中継動作指示の制御信号を処理する。中継動作指示の制御信号は、中継動作指示データ1523として蓄えられる。

【0054】電力測定部1513では、基地局パイロット信号の受信電力を測定し、比較器1519で中継動作指示データ1523の閾値TXLより大きければ中継を行い、そうでなければ中継を行わないように中継判定1522で判定される。同様に、電力測定部1514では送信局信号の受信電力を測定し、比較器1520で中継動作指示データ1523の閾値RXLより大きければ中継を行い、そうでなければ中継を行わないように中継判定1522で判定される。送信電力計算部1525は、電力測定部1514の送信局信号の受信電力に対して、中継動作指示データ1523のGAIN\_K倍した値で

送信電力の設定値を計算する。

【0055】通話部1526では、信号分離1518で分離したデータはコーデック1528を介して外部入出力1529のインタフェースにあわせた信号変換が行われスピーカなどから音声出力される。また、マイクなどからの音声入力信号は、外部入出力1529を経由してコーデック1528で情報源符号化処理がなされ、多重化回路1527でプロトコル処理部1521からの制御信号とコーデック1528からのデータが多重化されモデム部1506の誤り訂正符号器1516に渡される。

【0056】誤り訂正符号器1516では、誤り訂正を行うための冗長度を付加する符号化処理を行い、変調器1511によって無線伝送方式にあった変調処理を行う。多重化回路1510では、中継器301からの中継データと、変調器1511からの変調信号を多重化して、無線部1502の送信部1505に渡す。送信部1505では、デジタル信号をアナログ信号に変換(D/A変換)し、電力増幅とフィルタ処理を行って共用器1503を介してアンテナ1501から送信データを無線信号として送信する。

【0057】中継局は、MIMO通信方式の専用装置とし構成する他に、MIMO通信方式でない無線通信に使用する無線送受信部をもつ無線装置として構成してもよい。

【0058】図16は中継局407における中継器301の入出力タイミングを説明するためのタイミング図である。この図においては、基地局406から移動局408方向(ダウンリンク)の中継を例にとって説明する。送信タイミング計算部1524において受信イネーブル(RX\_EN)は、基地局406が定期的に送信するパイロット信号の基準をサーチ1512で検出し、これに対して中継動作指示データ1523で規定されたDSFズれたタイミングから中継動作指示データ1523で規定されたDLENの長さハイレベル出力となり、続くDLENの長さローレベル出力となる。次のパイロット信号に至るまでの間、DLENの長さでハイレベルとローレベルが交互に繰り返される。送信イネーブル(TX\_EN)は、受信イネーブル(RX\_EN)に対してDLEN遅れたタイミングでDLENの長さでハイレベルとローレベルを繰り返す。中継器301に入力された信号は、受信イネーブル(RX\_EN)がハイレベル出力のタイミングでバッファにとりこみ、送信イネーブル(TX\_EN)と前記の中継判定1522によって得られる中継イネーブル(TR\_EN)がハイレベルのときに、バッファからデータを取り出して送信する。

【0059】図17は本発明による基地局の一実施例の構成を示すブロック図である。基地局406は、無線区間の無線信号を送受信するための複数のアンテナ1701a・1701b・1701cと、アンテナ1701a・1701b・1701cからの受信信号に対するフィ

ルタ処理とアナログ信号からデジタル信号に変換するA/D変換処理を行い、かつアンテナ1701a・1701b・1701cへの送信信号に対してデジタル信号からアナログ信号に変換するD/A変換処理とフィルタ処理・電力増幅を行う無線部1702と、無線部1702からの受信信号に対し、移動局408で複数アンテナに分配された送信信号を復元し、誤り訂正処理を施して受信信号を得て、かつ無線部1702への送信信号に対して誤り訂正が行えるように冗長度を付加する符号化処理を行い、複数アンテナ1701a・1701b・1701cへ分配し、移動局408で復元できるためのトレーニング信号を多重化し、移動局408と中継局407a・407b・407cが基準タイミングを生成するのに必要なパイロット信号生成を行うモデム部1706と、モデム部1706から得た受信信号から制御信号を抽出して呼接続や中継動作に関するプロトコル処理を行い、中継時の送受信タイミングを制御する制御部1712と、制御部1712から受けた受信信号を制御局405に渡したり、制御局405からの信号と基地局406から発生する信号を多重化してモデム部1706に渡すための局間IF1717とで構成される。以下に信号の流れにそって詳細に説明する。

【0060】アンテナ1701a・1701b・1701cで受信した無線信号は無線部1702の共用器1703a・1703b・1703cを介して受信部1704a・1704b・1704cに渡される。受信部1704a・1704b・1704cでは、受信信号に対してフィルタ処理を行いベースバンド信号処理帯域に変換し、アナログ信号をデジタル信号に変換(A/D変換)してモデム部1706に渡す。モデム部1706では、受信信号はDEMUX1707によって、移動局別に分離して各受信器102a・102bに振り分ける。各受信器102a・102bでは、MIMO復調器1010a・1010bによって移動局で複数アンテナに分配した送信信号を復元し、復元した複数アンテナ分の送信信号をP/S変換器1011a・1011bによって符号化データに戻し、誤り訂正復号器1709a・1709bによって符号化データに対する誤り訂正を行う復号処理を施して受信データを得る。受信データは制御部1712に渡され、信号分離1714によって制御信号とユーザアプリケーションのデータに分離される。制御信号は、プロトコル処理部1715にて扱われ、呼接続や中継動作のためのプロトコル処理を行う。各ユーザごとに発行した中継動作指示の制御信号の内容を中継動作指示データ1716a・1716bに保持し、ここで定義したタイミングパラメータ(DST・DLEN・UST・ULEN)を基に送受信タイミング計算部1713a・1713bでMIMO復調器1010a・1010bに必要なタイミング信号(中継モード:MODE、直接波:DR\_EN、中継局波:RP\_EN)とMIMO変調

器1013bに必要なタイミング信号(送信イネーブル:TX\_EN)を発生する。信号分離1714で分離された複数のユーザアプリケーションのデータは局間IF1717でMUX1720で多重化され制御局405に送信される。また、制御局405から受信したデータとプロトコル処理部1715が発生した制御信号を多重化回路1719で多重化してからDEMUX1718でユーザ別に送信器101a・101bに分配する。

【0061】送信器101a・101bでは、誤り訂正符号器1710a・1710bで送信データが移動局408で誤り訂正が行えるように冗長度を付加した符号化データに変換し、符号化データをS/P変換器1014a・1014bでシリアルパラレル変換することによって基地局406の複数アンテナ1701a・1701b・1701cへの送信信号に分配し、MIMO変調器1013a・1013bによって移動局408でMIMO復調が行えるようにトレーニング信号を付加する。各送信器101a・101bの送信データとパイロット生成部1711で発生したパイロット信号をMUX1708で多重化して、無線部1702の各送信部1705a・1705b・1705cに送信データを渡す。

【0062】送信部1705a・1705b・1705cでは、送信データをデジタル信号からアナログ信号へA/D変換し、フィルタ処理と電力増幅を行って、共用器1703a・1703b・1703cを介してアンテナ1701a・1701b・1701cから送信データを無線信号として送信する。上記の説明において、受信器102a・102bのMIMO復調器1010a・1010bは図12で説明した構成と同一であり、送信器101a・101bのMIMO変調器1013a・1013bは、図13で説明した構成と同じである。図18は本発明による基地局の一実施例における送受信タイミング計算部の動作説明のためのタイミング図である。図18(a)は、非中継時における動作を示している。中継モード(MODE)は、非中継を表すローレベルで固定出力となる。移動局408からの直接波(DR\_EN)は、パイロット信号の区間でローレベル出力となり移動局信号の区間でハイレベル出力となる。中継局407a・407b・407cからの間接波である中継局波(RP\_EN)はローレベル固定出力となる。基地局406の送信タイミング(TX\_EN)は、パイロット信号の区間でローレベル出力、基地局送信時間でハイレベル出力となる。図18(b)は、中継時の動作を表している。中継モード(MODE)は、中継を表すハイレベルで固定出力となる。移動局408からの直接波(DR\_EN)は、パイロット信号を基準として中継動作指示データ1716aで規定されたUSTずれたタイミングから、同じく中継動作指示データ1716aで規定されたULENの長さまでハイレベル出力となる。次のULENの長さでローレベルとなり、次のパイロット信号の

区間までハイレベルとローレベルを交互に繰り返す。中継局407a・407b・407cからの間接波である中継局波(RP\_EN)は、前記DR\_ENがULENの長さローレベルとなっている区間でハイレベル出力となり、それ以外でローレベル出力となる。基地局408の送信タイミング(TX\_EN)は、パイロット信号を基準として中継動作指示データ1716aで規定されたDSTずれたタイミングから、同じく中継動作指示データ1716aで規定されたDLENの長さまでハイレベル出力となる。次のDLENの長さでローレベルとなり、次のパイロット信号の区間までハイレベルとローレベルを交互に繰り返す。

【0063】図20は本発明による無線伝送システムの他の実施形態の構成を示すブロック図である。本実施例は、前記図3に示した無線伝送システムの複数の中継器301の代わりに複数の反射物体を特定の位置に設け、実質的に、前期実施形態と同様の効果を得るものである。送信器101又は受信器102のいずれか一方が固定設置されている場合に、その固定設置された装置から直接見通すことができる見通し範囲内に反射物2001a・2001b・2001cを設置する。図20では、送信器101を固定設置されているものとして説明する。送信器101から送信された無線信号は、反射物2001a・2001b・2001cで反射して受信器102に到達する。反射物2001a・2001b・2001cの設置により、見通し伝搬環境からマルチパス伝搬環境を作為的に生成することができるため、MIMOの処理によって通信路容量を増加させることができる。

【0064】

【発明の効果】本発明によれば、送信器から複数アンテナに分配して送信した無線信号を受信器で複数アンテナで受信し、送信器で分配した送信信号を復元する処理(MIMO)を利用した移動通信システムにおいて、送信器と受信器が直接見通すことができるような見通し伝搬環境においても、中継器を導入することによって複数の伝搬路を提供し、マルチパス伝搬環境を作為的に作りだし、中継器を導入しない見通し伝搬環境に比べて通信路容量の特性がよくなるという効果が得られる。

【0065】図19に、本発明を利用した場合(中継あり)と利用しない場合(中継なし)の特性比較を行った結果を示す。送信器と受信器のアンテナ数を横軸にとり、通信路容量を縦軸にとっている。送信器と受信器のアンテナ数は同数とし、中継局数は受信アンテナ数の5倍あるものと仮定し、伝搬路の信号対雑音電力(S/N)を30dBの環境で評価した。図19より送信器・受信器のアンテナ数が4本以上であれば、本発明を利用した中継伝送方式の方が通信路容量の特性がよいことを示している。

【図面の簡単な説明】

【図1】MIMO方式の原理説明のための無線伝送シ

テム構成図である。

【図2】移動通信におけるマルチパス伝搬環境とMIMO方式の通信容量特性の関係の説明図である。

【図3】本発明による無線伝送システムの一実施形態の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明による無線通信システムを利用した移動通信システムの一実施形態の構成図である。

【図5】図4の位動局と基地局間の無線伝送における伝送開始時の動作フロー図である。

【図6】本発明における多地点中継伝送停止時の動作フロー説明図である。

【図7】本発明による無線伝送システムの一実施形態における制御信号のメッセージフォーマット図である。

【図8】本発明による無線伝送システムの一実施形態における中継局の中継動作説明のフロー図である。

【図9】本発明による無線伝送システムの一実施例における多地点中継伝送時の送受信タイミング図である。

【図10】本発明による無線伝送システム使用される移動局の一実施形態の構成を表すブロック図である。

【図11】図10の移動局における送受信タイミング計算部の説明図である。

【図12】本発明による移動局の一実施例におけるMIMO復調器とP/S変換器のブロック図である。

【図13】本発明による移動局の一実施例におけるS/P変換器とMIMO変調器のブロック図である。

【図14】本発明による移動局の一実施例における中継判定回路のブロック図である。

【図15】本発明による中継局の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図16】図15の中継局における中継器入出力タイミングを説明するためのタイミング図である。

【図17】本発明による基地局の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図18】図17の基地局における送受信タイミング計算部のタイミング図である。

【図19】本発明の効果を示す特性比較図である。

【図20】本発明による無線伝送システムの他の実施形態の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

101:送信器、102:受信器、201a・201b・201c:送信アンテナ  
202a・202b・202c:受信アンテナ  
301a・301b・301c:中継器、401:サーバ、402:インターネット、403:ゲートウェイ装置、404:移動通信網、405:制御局、406:基地局、407a・407b・407c:中継局、408:移動局、1001a・1001b・1001c:アンテナ、1002:無線部、1003a・1003b・1003c:共用器、1004a・1004b・1004c:受信部、1005a・1005b・



1005c:送信部、1006:モデム部、1007:信号分離、1008:基地局基準タイミングサーチ、1009:中継判定回路、1010:MIMO復調器、1011:P/S変換器、1012:誤り訂正復号器、1013:MIMO変調器、1014:S/P変換器、1015:誤り訂正符号器、1016:制御部、1017:送受信タイミング計算部、1018:信号分離、1019:プロトコル処理部、1020:中継動作指示データ

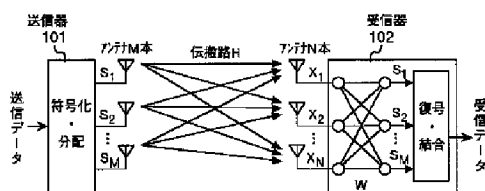
1021:通話部、1022:多重化回路、1023:コーデック

1024:外部入出力、1211a・1211b・1211c:積和演算部

1212a・1212b・1212c:ウェイト計算部、1213:積の演算、1214:和の演算、1215a・1215b・1215c:復調器、1216a・1216b・1216c:前処理部、1217:DEMUX、1218:BUFF(バッファ)、1219:和の演算、1220:選択器、1221:DEMUX、1302a・1302b・1302c:MUX、1303:トレーニング信号生成部、1304a・1304b・1304c:変調器、1401:トレーニング信号分離、1402:伝搬路推定、1403:受信S/N測定、1404:通信路容量計算、1405:比較、1406:比較、1407:選択、1501:アンテナ、1502:無線部、1503:共用 \*

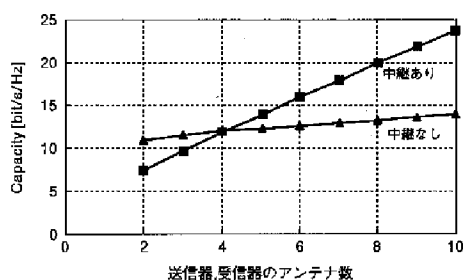
【図1】

図 1



【図19】

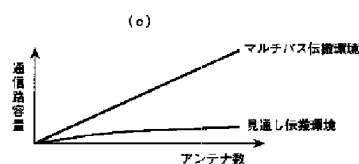
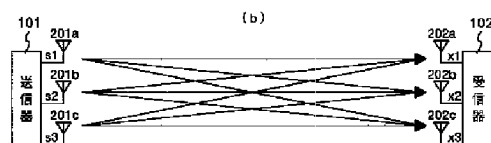
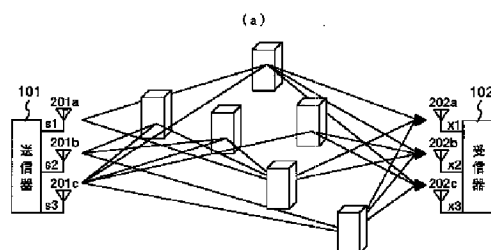
図 19



\*器、1504:受信部、1505:送信部、1506:モデム部、1507:信号分離、1508:復調器、1510:多重化回路、1511:変調器、1512:サーチ、1513:電力測定部、1514:電力測定部、1515:誤り訂正復号器、1516:誤り訂正符号器、1517:制御部、1518:信号分離、1519:比較器、1520:比較器、1521:プロトコル処理部、1522:中継判定、1523:中継動作指示データ、1524:送信タイミング計算部、1525:送信電力計算部、1526:通話部、1527:多重化回路、1528:外部入出力、1701a・1701b・1701c:アンテナ、1702:無線部、1703a・1703b・1703c:共用器、1704a・1704b・1704c:受信部、1705a・1705b・1705c:送信部、1706:モデム部、1707:DEMUX、1708:MUX、1010a・1010b:MIMO復調器、1011a・1011b:P/S変換器、1709a・1709b:誤り訂正復号器、1710a・1710b:誤り訂正符号器、1711:パイロット生成部、1712:制御部、1713a・1713b:送受信タイミング計算部、1714:信号分離、1715:プロトコル処理部、1716a・1716b:中継動作指示データ、1717:局間IF、1718:EMUX、1719:多重化回路、1720:MUX、2001a・2001b・2001c:反射物。

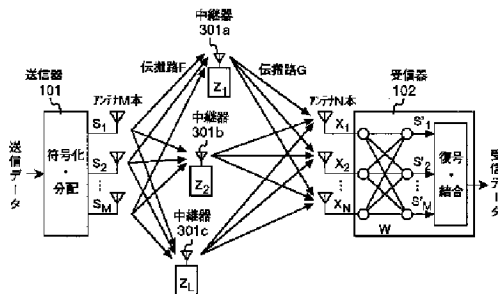
【図2】

図 2



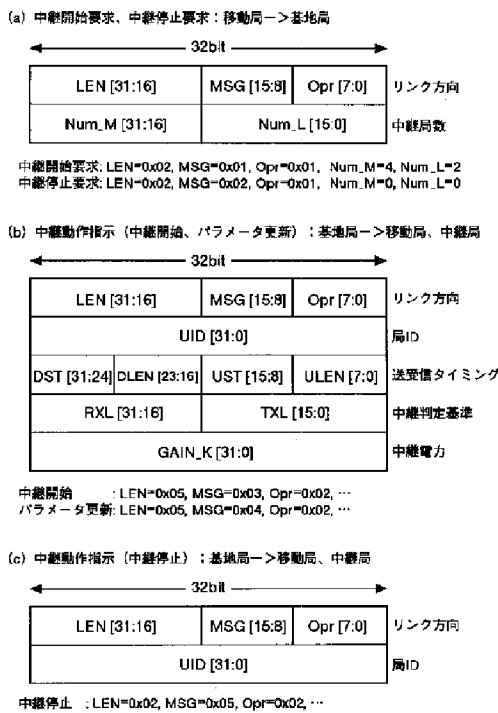
【図3】

図 3



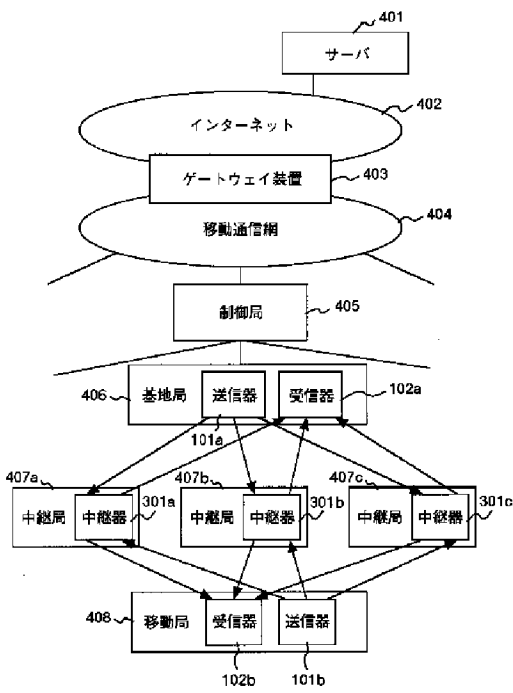
【図7】

図 7



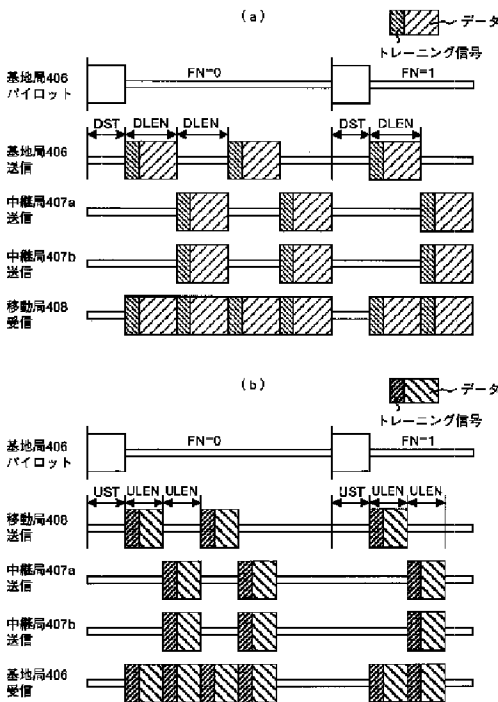
【図4】

図 4



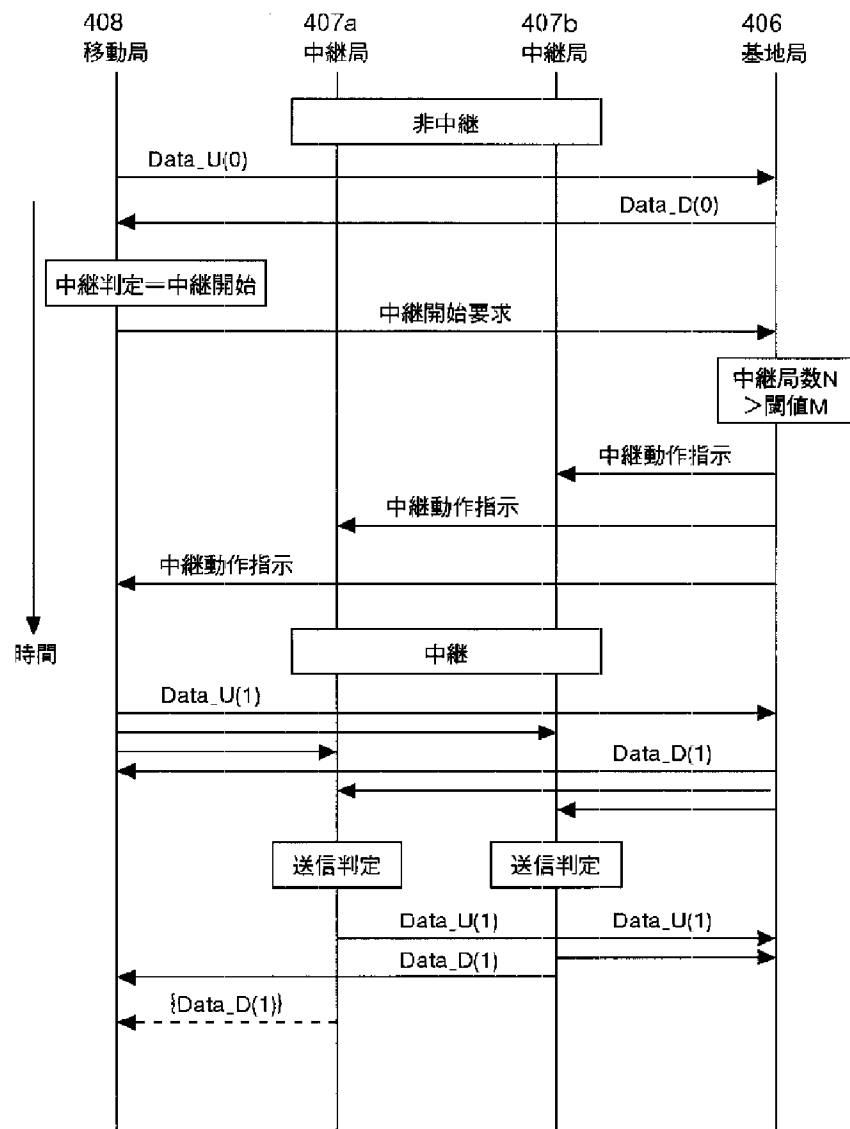
【図9】

図 9



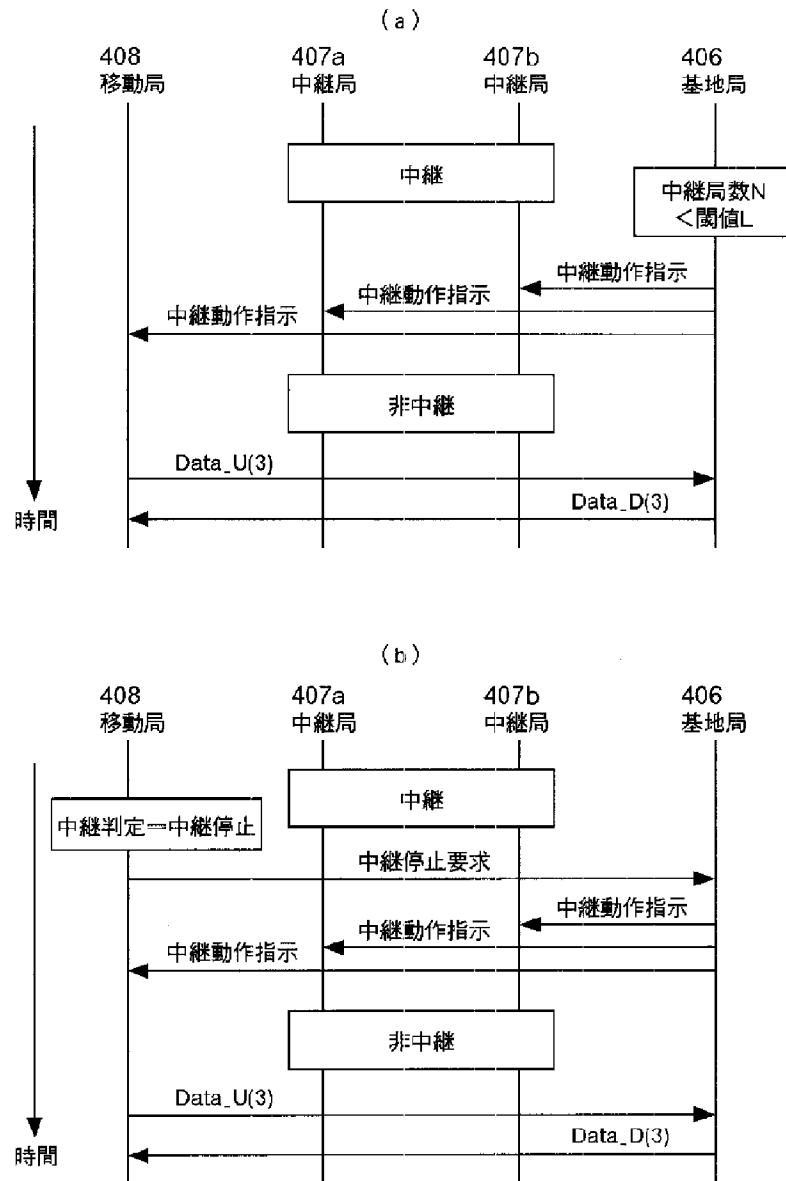
【図5】

図 5



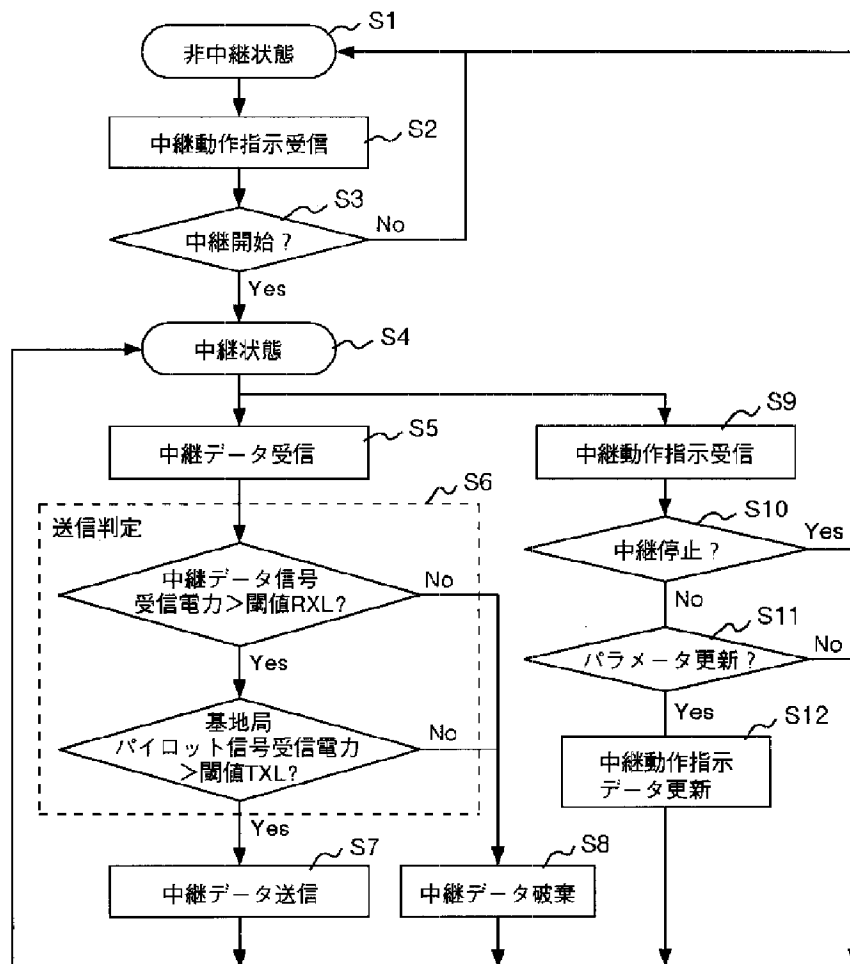
【図6】

図 6



【图8】

8

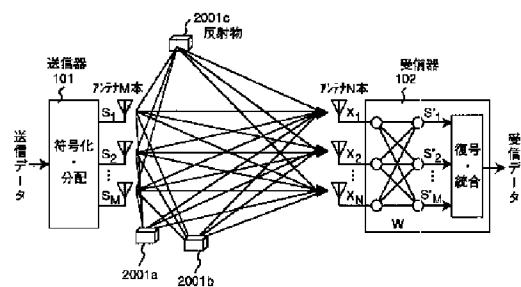
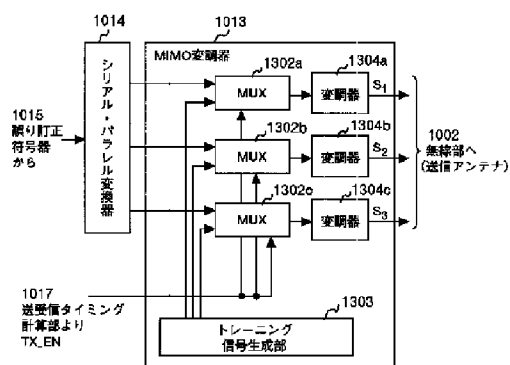


【图 13】

【図20】

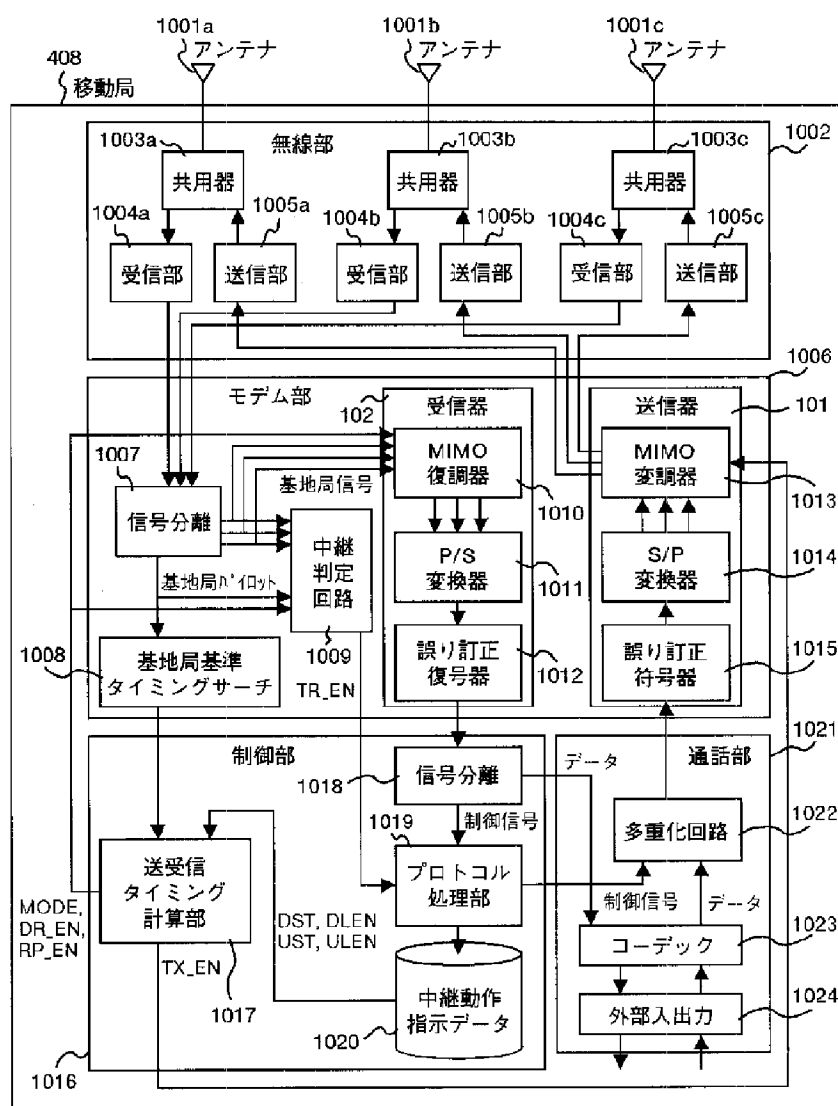
13

20



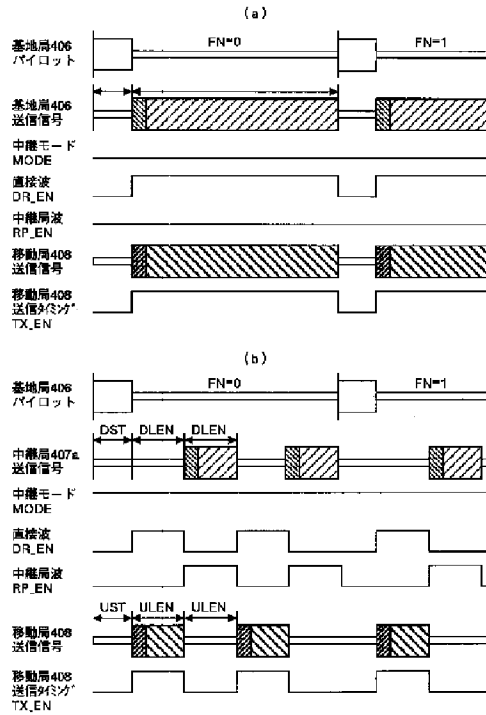
【図10】

図 10



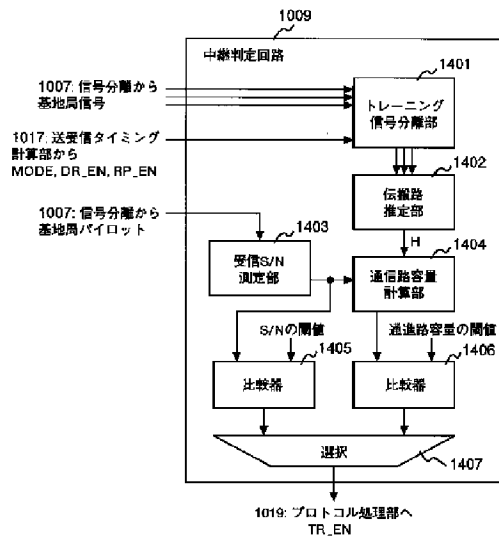
【図11】

図 11



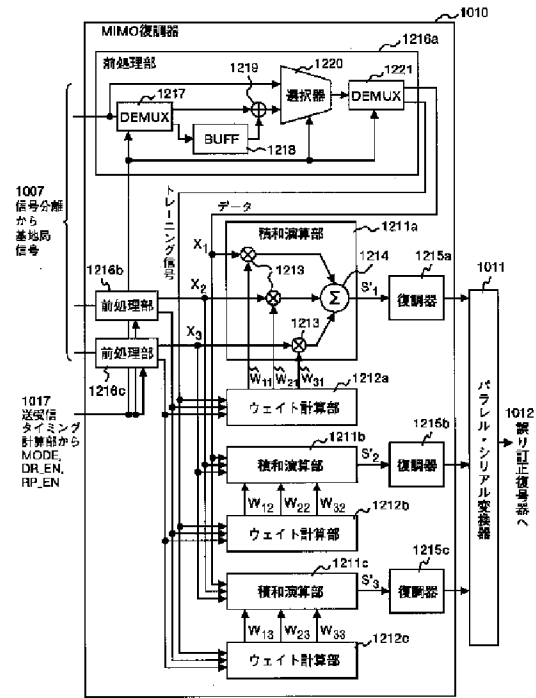
【図14】

図 14



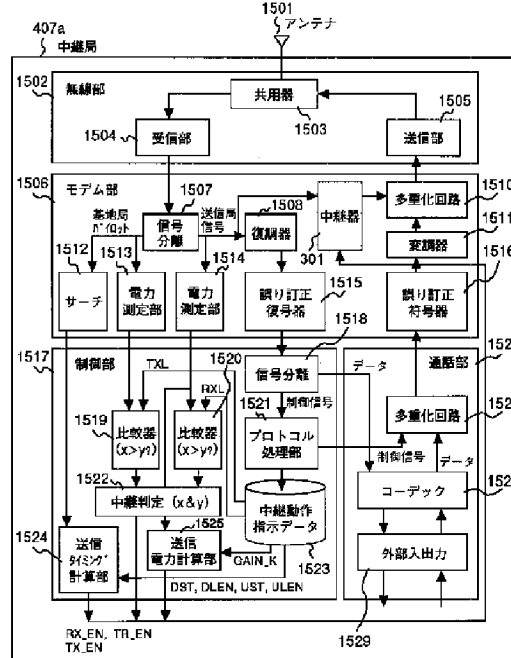
【図12】

図 12



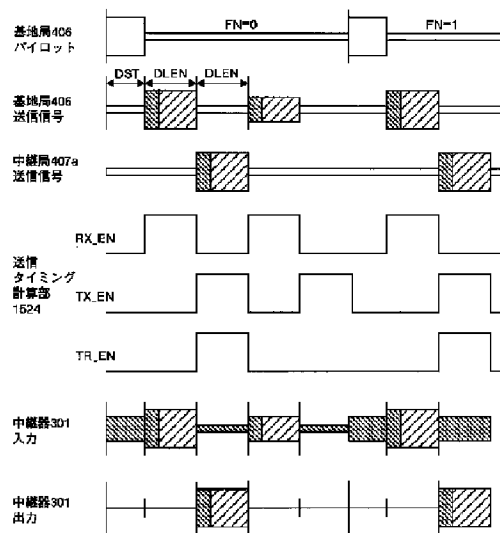
【図15】

図 15



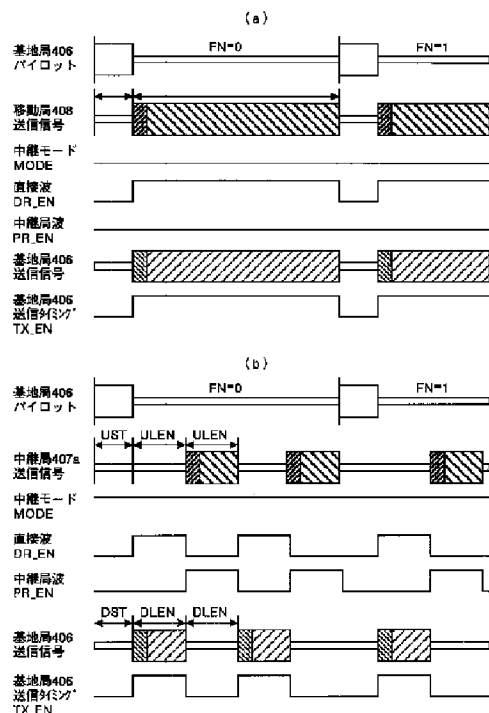
【図16】

図 16



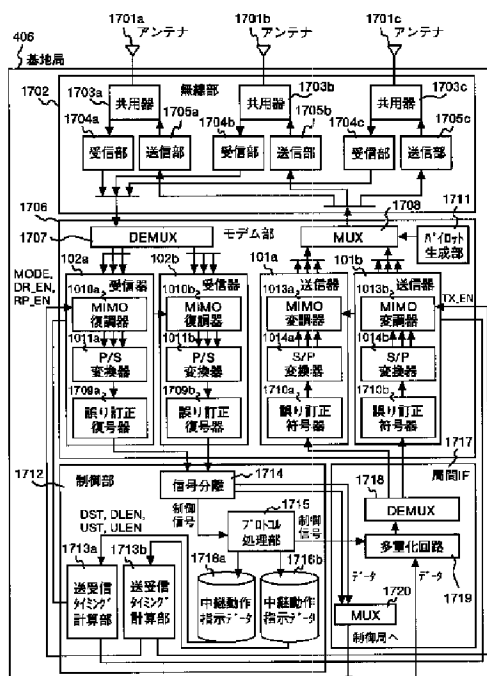
【図18】

図 18



【図17】

図 17





フロントページの続き

(72)発明者 酒井 克巳  
東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日  
立電線株式会社内

F ターム(参考) 5K067 AA11 BB04 DD11 EE02 EE06  
EE10 FF02 GG01 HH23 KK03  
KK15

(72)発明者 矢野 隆  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 280 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

5K072 AA02 AA12 BB02 BB12 BB13  
BB27 CC35 EE35 FF13 GG03

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第3区分  
 【発行日】平成17年6月9日(2005.6.9)

【公開番号】特開2003-198442(P2003-198442A)  
 【公開日】平成15年7月11日(2003.7.11)  
 【出願番号】特願2001-399800(P2001-399800)  
 【国際特許分類第7版】

H 0 4 B 7/24

H 0 4 B 7/15

【F I】

H 0 4 B 7/24 A

H 0 4 B 7/15 Z

【手続補正書】

【提出日】平成16年8月30日(2004.8.30)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

符号化されたデータ及びトレーニング信号含む送信データを複数のアンテナにデータを分配し、所定のタイミングで上記複数のアンテナから無線信号として送信する送信部を持つ第一の無線装置と、

上記無線信号を受信し、バッファに貯え、所定時間遅延させて送信を行う中継器を持つ複数の第二の無線装置と、

上記複数の第二の無線装置からの無線信号を複数のアンテナで受信し、受信した無線信号に多重化されている上記トレーニング信号を使用して、上記符号化されたデータを復調する受信部を持つ第三の無線装置とを有して構成される無線中継伝送システム。

【請求項2】

符号化データを複数のアンテナにデータを分配する手段と、分配されたデータを受信側で復元するためのトレーニング信号を上記データに多重化する手段と、送信タイミングを制御する手段とを有し、複数のアンテナから無線信号を送信する送信器を持つ第一の無線装置と、

上記第一の無線装置が送信した信号を受信してバッファに貯える手段と、貯えた信号を所定時間遅延させて送信を行うタイミングを制御する手段とを有した中継器を持つ第二の無線装置と、

上記第二の無線装置から送信された無線信号を複数のアンテナで受信するために受信タイミングを制御する手段と、受信した無線信号に多重化されている上記トレーニング信号から上記第一の無線装置の送信器で複数のアンテナに分配したデータに復元する手段と、複数アンテナに分配されたデータをパラレルシリアル変換することで符号化されたデータとして結合し、受信データを得る手段とを有した受信器を持つ第三の無線装置とで構成される無線中継伝送システム。

【請求項3】

上記第一の無線装置の符号化手段はデータ誤りに対する誤り訂正を行うために上記符号化データに冗長度を付加する符号化手段をもち、上記第三の無線装置の受信器は上記冗長度を用いて、上記符号化されたデータに対して誤り訂正復号処理を行う手段をもつ請求項2記載の無線中継伝送システム。

**【請求項 4】**

請求項 2 記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の受信電力測定を行い、上記パイロット信号の受信電力が閾値以上の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、上記パイロット信号受信電力が閾値以下になった場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う無線中継伝送システム。

**【請求項 5】**

請求項 2 記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の信号対雑音電力測定を行い、上記パイロット信号の信号対雑音電力が閾値以上の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、上記パイロット信号信号対雑音電力が閾値以下になった場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う無線中継伝送システム。

**【請求項 6】**

請求項 2 記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の信号対雑音電力の測定及び上記トレーニング信号を用いて伝搬路推定を行い、上記信号対雑音電力と上記伝搬路推定の結果から通信容量を計算し、上記通信容量が閾値以下の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、また、上記通信容量が閾値以上の場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う無線中継伝送システム。

**【請求項 7】**

請求項 2 記載の無線中継伝送システムにおいて、送信器の送信タイミングと中継器の受信タイミング及び送信タイミングと受信器の受信タイミングを制御を上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号を基準として、そのオフセットを基地局から中継局と移動局に制御信号によって通知することによって中継時の動作タイミングを決定する無線中継伝送システム。

**【請求項 8】**

請求項 1 又は 2 記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一又は第二の無線装置のいずれかが位置的に固定設置され、上記第二の無線装置の代わりに無線信号を反射する反射物を上記固定設置された無線装置から直接見通すことができる見通し範囲内に設置した無線伝送システム。

**【請求項 9】**

移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO 通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される移動局であって、

受信信号から制御信号及び上記基地局からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データを復元する受信部と、上記基地局からの受信信号の受信状態に基づいて上記受信信号からの制御信号から上記複数の中継局による中継の要否を判別する中継判定部と、送信すべきデータを作り、送信する送信部、上記制御信号を用いて、上記受信部及び送信部を制御すると共に、上記中継判定部の判定結果により上記基地局に対して中継開始要求

又は中継停止要求の制御信号を作成し、上記送信すべきデータに上記中継開始要求又は中継停止要求の制御信号を加える制御部をもつことを特徴とする移動局。

【請求項 10】

移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される基地局であって、

受信信号から制御信号及び上記移動局及び基地局間からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データを復元する受信部と、上記受信信号からの制御信号から上記複数の中継局による中継の要否を判別する中継判定部と、送信すべきデータを作り、送信する送信部、上記制御信号を用いて、上記受信部及び送信部を制御すると共に、上記中継判定部の判定結果により上記移動局及び中継局に対して中継動作指示の制御信号を作成し、上記送信すべきデータに上記動作指示の制御信号を加える制御部をもつことを特徴とする基地局。

【請求項 11】

移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される中継局であって、

受信信号から制御信号及び上記移動局又は基地局からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データをバッファリングする中継器と、上記制御信号に含まれる基地局パイロット信号又は上記送信データの電力を測定し、中継の要否を判別する中継判定部と、上記基地局パイロット信号を用いて送信タイミングを得る計算部と、上記送信タイミングで上記中継器の送信データを送信する送信部をもつことを特徴とする中継局。

【請求項 12】

MIMO通信方式以外の無線通信を行う送受信部をもつこと特徴とする請求項 11 記載の中継局。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0013

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0013】

なお、送信すべきデータ及びその無線信号へ変調、無線受信信号から上記送信すべきデータの復調、再生処理は、従来のMIMO通信方式による無線装置と実質的に同じである。すなわち、送信部は、符号化された送信データをシリアルパラレル変換し、複数アンテナに分配する手段と、分配された送信データが受信器で復元することができるためのトレーニング信号を送信データに多重化する手段と、送信タイミングを制御する手段と送信データを複数アンテナから無線信号として送信する送信器をもち、

また、受信部は、無線信号を複数のアンテナで受信するために受信タイミングを制御する手段と、受信した無線信号に多重化されているトレーニング信号から送信器で複数アンテナに分配された送信信号を復元する手段と、複数アンテナに分配された送信信号をパラレルシリアル変換することで符号化データとして結合する手段と、符号化データに対して誤り訂正処理して受信データを得る手段とを有した受信器をもつ。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0014

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0014】

本発明の多地点中継による無線伝送システムによれば、送信無線装置の送信器と受信無線装置の受信器の間に中継器を介することにより、上記送信器から上記中継器までの伝搬路と上記中継器から上記受信器までの伝搬路が独立に生成されるため、多地点に中継器を設置することにより、マルチパス伝搬環境と同様な伝搬路特性を生成することができる。

これにより、送信器と受信器の間や周囲に障害物や建物などがなく、直接見通すことができる見通し伝搬環境においても、中継器の導入によりマルチパス伝搬環境を作為的に作成し、通信路容量においてよい特性を保つことにより、送受信アンテナ数を増加させると通信路容量がよくなるマルチパス伝搬環境と同様な特性が得られる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0062】

送信部1705a・1705b・1705cでは、送信データをデジタル信号からアナログ信号へA/D変換し、フィルタ処理と電力増幅を行って、共用器1703a・1703b・1703cを介してアンテナ1701a・1701b・1701cから送信データを無線信号として送信する。上記の説明において、受信器102a・102bのMIMO復調器1010a・1010bは図12で説明した構成と同一であり、送信器101a・101bのMIMO変調器1013a・1013bは、図13で説明した構成と同じである。

図18は本発明による基地局の一実施例における送受信タイミング計算部の動作説明のためのタイミング図である。図18(a)は、非中継時における動作を示している。中継モード(MODE)は、非中継を表すローレベルで固定出力となる。移動局408からの直接波(DR\_EN)は、パイロット信号の区間でローレベル出力となり移動局信号の区間でハイレベル出力となる。中継局407a・407b・407cからの間接波である中継局波(RP\_EN)はローレベル固定出力となる。基地局406の送信タイミング(TX\_EN)は、パイロット信号の区間でローレベル出力、基地局送信時間でハイレベル出力となる。

図18(b)は、中継時の動作を表している。中継モード(MODE)は、中継を表すハイレベルで固定出力となる。移動局408からの直接波(DR\_EN)は、パイロット信号を基準として中継動作指示データ1716aで規定されたUSTずれたタイミングから、同じく中継動作指示データ1716aで規定されたULENの長さまでハイレベル出力となる。次のULENの長さでローレベルとなり、次のパイロット信号の区間までハイレベルとローレベルを交互に繰り返す。中継局407a・407b・407cからの間接波である中継局波(RP\_EN)は、前記DR\_ENがULENの長さローレベルとなっている区間でハイレベル出力となり、それ以外でローレベル出力となる。基地局406の送信タイミング(TX\_EN)は、パイロット信号を基準として中継動作指示データ1716aで規定されたDSTずれたタイミングから、同じく中継動作指示データ1716aで規定されたDLENの長さまでハイレベル出力となる。次のDLENの長さでローレベルとなり、次のパイロット信号の区間までハイレベルとローレベルを交互に繰り返す。

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第3区分  
 【発行日】平成17年9月22日(2005.9.22)

【公開番号】特開2003-198442(P2003-198442A)  
 【公開日】平成15年7月11日(2003.7.11)  
 【出願番号】特願2001-399800(P2001-399800)  
 【国際特許分類第7版】

H 0 4 B 7/24

H 0 4 B 7/15

【F I】

H 0 4 B 7/24 A

H 0 4 B 7/15 Z

【手続補正書】

【提出日】平成17年4月19日(2005.4.19)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

符号化されたデータ及びトレーニング信号含む送信データを複数のアンテナにデータを分配し、所定のタイミングで上記複数のアンテナから無線信号として送信する送信部を持つ第一の無線装置と、

上記無線信号を受信し、バッファに貯え、所定時間遅延させて送信を行う中継器を持つ複数の第二の無線装置と、

上記複数の第二の無線装置または上記第一の無線装置と少なくとも1つの上記第二の無線装置からの無線信号を複数のアンテナで受信し、受信した無線信号に多重化されている上記トレーニング信号を使用して、上記符号化されたデータを復調する受信部を持つ第三の無線装置とを有して構成される無線中継伝送システム。

【請求項2】

符号化データを複数のアンテナにデータを分配する手段と、分配されたデータを受信側で復元するためのトレーニング信号を上記データに多重化する手段と、送信タイミングを制御する手段とを有し、複数のアンテナから無線信号を送信する送信器を持つ第一の無線装置と、

上記第一の無線装置が送信した信号を受信してバッファに貯える手段と、貯えた信号を所定時間遅延させて送信を行うタイミングを制御する手段とを有した中継器を持つ第二の無線装置と、

上記第一の無線装置および上記第二の無線装置から送信された無線信号を複数のアンテナで受信するために受信タイミングを制御する手段と、受信した無線信号に多重化されている上記トレーニング信号から上記第一の無線装置の送信器で複数のアンテナに分配したデータに復元する手段と、複数アンテナに分配されたデータをパラレルシリアル変換することで符号化されたデータとして結合し、受信データを得る手段とを有した受信器を持つ第三の無線装置とで構成される無線中継伝送システム。

【請求項3】

上記第一の無線装置の符号化手段はデータ誤りに対する誤り訂正を行うために上記符号化データに冗長度を付加する符号化手段をもち、上記第三の無線装置の受信器は上記冗長度を用いて、上記符号化されたデータに対して誤り訂正復号処理を行う手段をもつ請求項

2記載の無線中継伝送システム。

【請求項4】

請求項2記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の受信電力測定を行い、上記パイロット信号の受信電力が閾値以上の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、上記パイロット信号受信電力が閾値以下になった場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う無線中継伝送システム。

【請求項5】

請求項2記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の信号対雑音電力測定を行い、上記パイロット信号の信号対雑音電力が閾値以上の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、上記パイロット信号信号対雑音電力が閾値以下になった場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う無線中継伝送システム。

【請求項6】

請求項2記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一、第二の及び第三の無線装置がそれぞれ基地局、中継局及び移動局であって、

上記移動局は上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号の信号対雑音電力の測定及び上記トレーニング信号用いて伝搬路推定を行い、上記信号対雑音電力と上記伝搬路推定の結果から通信容量を計算し、上記通信容量が閾値以下の場合、中継局による中継の開始要求を上記基地局に通知し、また、上記通信容量が閾値以上の場合、中継局による中継の停止要求を上記基地局に通知し、

上記基地局は上記中継の開始要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作開始の指示を行い、上記中継の停止要求を受信したとき、上記中継局に対して中継動作停止の指示を行う制無線中継伝送システム。

【請求項7】

請求項2記載の無線中継伝送システムにおいて、送信器の送信タイミングと中継器の受信タイミング及び送信タイミングと受信器の受信タイミングを制御を上記基地局から定期的に送信されるパイロット信号を基準として、そのオフセットを基地局から中継局と移動局に制御信号によって通知することによって中継時の動作タイミングを決定する無線中継伝送システム。

【請求項8】

請求項1又は2記載の無線中継伝送システムにおいて、上記第一又は第二の無線装置のいずれかが位置的に固定設置され、上記第二の無線装置の代わりに無線信号を反射する反射物を上記固定設置された無線装置から直接見通すことができる見通し範囲内に設置した無線伝送システム。

【請求項9】

移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される移動局であって、

受信信号から制御信号及び上記基地局からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データを復元する受信部と、上記基地局からの受信信号の受信状態に基づいて上記複数の中継局による中継の可否を判別する中継判定部と、送信すべきデータを作り、送信する送信部、上記制御信号用いて、上記受信部及び送信部を制御すると共に、上記中継判

定部の判定結果により上記基地局に対して中継開始要求又は中継停止要求の制御信号を作成し、上記送信すべきデータに上記中継開始要求又は中継停止要求の制御信号を加える制御部をもつことを特徴とする移動局。

【請求項 10】

移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される基地局であって、

受信信号から制御信号及び上記移動局及び基地局間からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データを復元する受信部と、上記受信信号からの制御信号から上記複数の中継局による中継の可否を判別する中継判定部と、送信すべきデータを作り、送信する送信部、上記制御信号を用いて、上記受信部及び送信部を制御すると共に、上記中継判定部の判定結果により上記移動局及び中継局に対して中継動作指示の制御信号を作成し、上記送信すべきデータに上記動作指示の制御信号を加える制御部をもつことを特徴とする基地局。

【請求項 11】

移動局と基地局間に複数の中継局を配し、MIMO通信方式の無線通信を行う無線伝送システムに使用される中継局であって、

受信信号から制御信号及び上記移動局又は基地局からの送信データを分離する分離部と、分離された送信データをバッファリングする中継器と、上記制御信号含まれる基地局パイロット信号又は上記送信データの電力を測定し、中継の可否を判別する中継判定部と、上記基地局パイロット信号を用いて送信タイミングを得る計算部と、上記送信タイミングで上記中継器の送信データを送信する送信部をもつことを特徴とする中継局。

【請求項 12】

MIMO通信方式以外の無線通信を行う送受信部をもつこと特徴とする請求項 11 記載の中継局。

【請求項 13】

MIMO通信方式の無線通信を行うMIMO受信局であって、無線信号を受信する複数のアンテナと、

受信信号から制御信号及び送信データを分離する分離部と、

該制御信号を用いて前記分離された送信データを復元するMIMO受信部とを有し、前記複数のアンテナは、前記送信データと前記制御信号を含む送信信号を複数のアンテナに分配して送信するMIMO送信局および該MIMO送信局からの信号を中継する中継局からの送信信号、または該MIMO送信局からの信号を中継する複数の該中継局からの送信信号を受信し、前記受信部は、該複数の局からの受信信号を結合して前記送信データを復元することを特徴とするMIMO受信局。